This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

KC
3551
NEDL TRANSFER
HN 6GBV I

Sammlung Göschen

Die Pflanze

ihr Bau und ihr Leben

Mit 96 Abbildungen

von

Dr. E. Dennert.

KC 3551
...HOENIX BOOK COMP.
BOSTON

...ng Göschen. Je in elegantem Leinwandband 80 Pf.

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

1 **Der Nibelunge Nôt** und Mittelhochdeutsche Grammatik von Prof. Dr. Golther.

2 **Lessings Emilia Galotti.**

3 **Lessings Fabeln** nebst Abhandlungen.

4 **Lessings Laokoon.**

5 **Lessings Minna von** Barnhelm.

6 **Lessings Nathan der** Weise.

7 **Martin Luther, Thomas** Murner u. d. Kirchenlied d. 16. Jahrh. m. Einltg. u. Anm. v. Prof. G. Berlit.

8 **Lessings litterarische** und dramaturg. Abhandl.

9 **Lessings antiqu. und** epigrammat. Abhandl.

10 **Kudrun und Dietrich**epen. Mit Einltg. u. Wörterbuch v. Dr. O. L. Jiriczek.

11 **Astronomie** von A. F. Möbius. Mit 36 Figuren.

12 **Pädagogik** von Prof. Dr. Rein.

13 **Geologie** von Dr. C. Fraas. Mit 66 Textfig.

14 **Psychologie und Logik** von Dr. Th. Elsenhans.

15 **Deutsche Mythologie** von Prof. Dr. F. Kauffmann.

16 **Griechische Altertums**kunde von Maisch u. Pohlhammer. Mit 9 Vollbildern.

17 **Aufsatz-Entwürfe** v. Prof. Dr. L. W. Straub.

18 **Menschliche Körper,** der. V. Realschuldir. Rehmann, mit Gesundheitslehre. Mit 48 Abbild.

19 **Römische Geschichte** v. Dr. Jul. Koch.

20 **Deutsche Grammatik** und Geschichte der deutschen Sprache von Dr. O. Lyon.

21 **Lessings Philotas** und die Poesie des 7jähr. Krieges v. Prof. O. Güntter.

22 **Hartmann von Aue,** Wolfram v. Eschenbach u. Gottfr. von Straßburg. Ausw. a. d. höf. Epos v. Prof. Dr. K. Marold.

23 **Walther v. d. Vogelweide** mit Ausw. aus Minnesang und Spruchdichtung von Prof. O. Güntter.

24 **Hans Sachs u. Johann Fischart** nebst einem Anh.: Brant u. Hutten. Ausgewählt u. erläutert von Prof. Dr. Jul. Sahr.

25 **Kirchenlied u. Volkslied.** Geistl. u. weltl. Lyrik d. 17. u. 18. Jahrh. bis Klopstock von Dr. G. Ellinger.

26 **Physische Geographie** von Prof. Dr. Siegm. Günther. Mit 32 Abbildungen.

27 **Griechische u. Römische** Mythologie v. Prof. Dr. H. Stending.

28 **Althochdtsche Litteratur** m. Grammatik, Uebersetzung u. Erläuterungen v. Prof. Th. Schauffler.

29 **Mineralogie** v. Dr. R. Brauns, Professor an der Univ. Gießen. Mit 130 Abb.

30 **Kartenkunde** v. Dir. C. Gelcich, Prof. F. Sauter u. Dr. Dinse. Mit 70 Abbildungen.

31 **Deutsche Litteraturge**schichte von Max Koch, Professor an der Universität Breslau.

32 **Deutsche Heldensage** von Dr. O. L. Jiriczek. Mit 3 Taf.

Sammlung Göschen.

Je in elegantem Leinwandband 80 Pf.

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

33 **Deutsche Geschichte** im Mittelalter von Dr. F. Kurze.

36 **Herder, Cid.** Herausg. von Dr. E. Naumann.

37 **Chemie, anorganische** von Dr. Jos. Klein.

38 **Chemie, organische** von Dr. Jos. Klein.

39 **Zeichenschule** mit 17 Tafeln in Ton-, Farben- und Golddruck und 135 Voll- und Textbildern von A. Kimmich.

40 **Deutsche Poetik** von Dr. K. Borinski.

41 **Geometrie** von Prof. Mahler. Mit 115 zweifarb. Fig.

42 **Urgeschichte der Menschheit** von Dr. M. Hörnes. Mit 48 Abbildgn.

43 **Geschichte des alten Morgenlandes** von Prof. Dr. Fr. Hommel. Mit 6 Bildern und 1 Karte.

44 **Die Pflanze**, ihr Bau u. ihr Leben v. Dr. V. Dennert. Mit 96 Abbildungen.

45 **Römische Altertumskunde** von Dr. Leo Bloch. Mit 7 Vollbildern.

46 **Das Waltharilied** im Versmaße der Urschrift übersetzt u. erl. v. Prof. Dr. H. Althof.

47 **Arithmetik u. Algebra** von Prof. Dr. H. Schubert.

48 **Beispielsammlung zur „Arithmetik u. Algebra"** von Prof. Dr. H. Schubert.

49 **Griechische Geschichte** von Prof. Dr. H. Swoboda.

50 **Schulpraxis** von Schuldirektor R. Seyfert.

51 **Mathem. Formelsammlung** v. Prof. O. Bürklen. Mit 17 Fig.

52 **Römische Litteraturgeschichte** von Herm. Joachim.

53 **Niedere Analysis** von Dr. Benedikt Sporer. Mit 5 Fig.

54 **Meteorologie** von Dr. W. Trabert. Mit 49 Abbild. und 7 Tafeln.

55 **Das Fremdwort im Deutschen** von Dr. Rud. Kleinpaul.

56 **Otsche. Kulturgeschichte** von Dr. Reinh. Günther.

57 **Perspektive** v. Hans Freyberger. Mit 88 Fig.

58 **Geometrisches Zeichnen** von Hugo Becker. Mit 282 Abb.

59 **Indogermanische Sprachwissenschaft** von Prof. Dr. R. Meringer.

60 **Tierkunde** v. Dr. Franz v. Wagner. Mit 78 Abbild.

61 **Deutsche Redelehre** von Hans Probst. Mit einer Tafel.

62 **Länderkunde v. Europa.** Mit 14 Textkärtchen und Diagrammen und einer Karte der Alpeneinteilung. Von Professor Dr. Franz Heiderich.

63 **Länderkunde der außereurop. Erdteile.** Mit 11 Textkärtchen u. Profilen. V. Prof. Dr. Franz Heiderich.

64 **Kurzgefaßtes Deutsches Wörterbuch.** Von Dr. H. Dettes.

65 **Analytische Geometrie der Ebene** von Prof. Dr. M. Simon. Mit 40 Fig.

66 **Russische Grammatik** von Dr. Erich Berneker.

67 **Russisches Lesebuch** von Dr. Erich Berneker.

68 **Russisches Gesprächbuch** von Dr. Erich Berneker.

69 **Englische Litteraturgeschichte** von Prof. Dr. Karl Weiser.

70 **Griechische Litteraturgeschichte** von Prof. Dr. Alfred Gercke.

Sammlung Göschen.

Je in elegantem Leinwandband 80 Pf.

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

71 **Chemie, Allgemeine u. physikalische,** von Dr. Max Rudolphi.

72 **Projektive Geometrie** von Dr. Karl Doehlemann. Mit 57 zum Teil zweifarbigen Figuren.

73 **Völkerkunde** von Dr. Michael Haberlandt. Mit 56 Abbildungen.

74 **Die Baukunst d. Abendlandes** von Dr. A. Schäfer. Mit 22 Abb.

75 **Die Graphischen Künste** von Carl Kampmann. Mit 3 Beilagen und 39 Abbildungen.

76 **Theoretische Physik,** I. Teil: Mechanik und Akustik. Von Prof. Dr. Gustav Jäger. Mit vielen Abbildgn.

77 **Theoretische Physik,** II. Teil: Licht und Wärme. Von Prof. Dr. Gustav Jäger. Mit vielen Abbildgn.

78 **Theoretische Physik,** III. Teil: Elektricität und Magnetismus. Von Prof. Dr. Gustav Jäger. Mit vielen Abbildgn.

79 **Gotische Sprachdenkmäler** mit Grammatik, Uebersetzung u. Erläuterungen v. Dr. Hermann Jantzen.

80 **Stilkunde** von Karl Otto Hartmann. Mit zahlr. Abbildgn. und Tafeln.

81 **Logarithmentafeln,** Vierstellige, von Prof. Dr. Hermann Schubert. In zweifarb. Druck.

82 **Lateinische Grammatik** von Prof. Dr. W. Votsch.

83 **Indische Religionswissenschaft** von Prof. Dr. Edmund Hardy.

84 **Nautik** von Direktor Dr. Franz Schulze. Mit 86 Abbildgn.

85 **Französische Geschichte** von Prof. Dr. A. Sternfeld.

86 **Kurzschrift.** Lehrbuch der vereinfachten deutschen Stenographie (System Stolze-Schrey) von

87 **Höhere Analysis I:** Differentialrechnung. Von Dr. Frdr. Junker. Mit 63 Fig.

88 **Höhere Analysis II:** Integralrechnung. Von Dr. Frdr. Junker. Mit 85 Figuren.

89 **Analytische Geometrie des Raumes** von Prof. Dr. M. Simon. Mit 28 Abbildungen.

90 **Ethik** von Prof. Dr. Th. Achelis.

91 **Astrophysik,** die Beschaffenheit d. Himmelskörper von Prof. Dr Walter F. Wislicenus.

92 **Mathemat. Geographie** zusammenhängend entwickelt und mit geordneten Denkübungen versehen von Kurt Geißler.

93 **Deutsches Leben im 12. Jahrhundert.** Kulturhist. Erläuterungen z. Nibelungenlied u. zur Kudrun. Von Prof. Dr. Jul. Dieffenbacher. Mit vielen Abbildgn.

94 **Photographie.** Von P. Keßler. Mit 1 Lichtdruckbeilage u. zahlr. Abbildgn.

95 **Paläontologie.** Von Prof. Dr. Rud. Hoernes. Mit vielen Abbildgn.

96 **Bewegungsspiele** von Prof. Dr. E. Kohlrausch. Mit 14 Abbildungen.

97 **Stereometrie** von Dr. Glaser. Mit 44 Figuren.

98 **Grundriß der Psychophysik** von Dr. G. F. Lipps.

99 **Trigonometrie** von Dr. Gerh. Hessenberg. Mit vielen Figuren.

100 **Sächsische Geschichte** von Rektor Prof. Dr. O. Kaemmel.

101 **Sociologie** von Prof. Dr. Th. Achelis.

102 **Geodäsie** von Prof. Dr. E. Reinherz.

Digitized by Google

Kleine
naturwissenschaftliche Bibliothek
aus Sammlung Göschen.

Jedes Bändchen elegant in Leinwand gebunden 80 Pfg.

S. G. Nr. 11 **Astronomie** von Möbius. 8. Aufl. 30 Abbild.

„ „ „ 13 **Geologie** von Fraas. 2. Aufl. 66 Abbild.

„ „ „ 18 **Der Menschliche Körper** von Rebmann. 3. Aufl. 48 Abbild.

„ „ „ 26 **Physische Geographie** von Günther. 2. Aufl. 32 Abbild.

„ „ „ 29 **Mineralogie** von Brauns. 2. Aufl. 130 Abbild.

„ „ „ 37 **Chemie,** anorg. 2. Aufl.
„ „ „ 38 **Chemie,** org. 2. Aufl. } von Klein.

„ „ „ 42 **Urgeschichte der Menschheit** von Hörnes. 2. Aufl. 48 Abbild.

„ „ „ 44 **Die Pflanze** von Dennert. 2. Aufl. 96 Abbild.

„ „ „ 54 **Meteorologie** v. Trabert. 49 Abbild. und Tafeln.

„ „ „ 60 **Tierkunde** von Fr. v. Wagner. 78 Abbild.

„ „ „ 62 **Europa** v. Heiderich, mit Profilen, Diagrammen und Karten.

„ „ „ 63 **Asien, Australien, Afrika, Amerika,** von Heiderich, mit Profilen und Diagrammen.

Digitized by Google

Digitized by Google

Sammlung Göschen

Die Pflanze

ihr Bau und ihr Leben

von

Dr. E. Dennert

Mit 96 vom Verfasser gezeichneten Originalabbildungen

Zweite verbesserte und vermehrte Auflage

Leipzig
G. J. Göschen'sche Verlagshandlung
1897

Digitized by Google

KC 3551

Alle Rechte, insbesondere das Uebersetzungsrecht, von der Verlagshandlung vorbehalten.

HARVARD COLLEGE LIBRARY
FROM THE ESTATE OF
LAWRENCE J. HENDERSON
MAY 19, 1942

Litteratur.

A. de Bary, Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane der Phanerogamen und Farne. Leipzig. W. Engelmann. 1877.

E. Strasburger, Das botanische Praktikum. Anleitung zum Selbststudium d. mikrosk. Botanik. Jena. G. Fischer.

K. Goebel, Vergleichende Entwickelungsgeschichte der Pflanzenorgane. Breslau. E. Trewendt. 1883.

F. Pax, Allg. Morphologie der Pflanzen. Stuttgart. F. Enke. 1890.

E. Dennert, Vergleichende Pflanzenmorphologie. Leipzig. J. J. Weber. 1894.

J. Sachs, Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. Leipzig. W. Engelmann. 1887.

A. Kerner, Pflanzenleben. Leipzig. Bibliogr. Institut. 2 Bde. 1888 und 1891. 2. Aufl. im Erscheinen begriffen.

A. B. Frank, Lehrbuch der Botanik. Leipzig. W. Engelmann. 2 Bde. 1892 und 1893.

E. Strasburger, F. Noll, H. Schenk und A. F. W. Schimper, Lehrbuch der Botanik für Hochschulen. 2. Aufl. Jena. G. Fischer 1895.

Druck von Carl Rembold in Heilbronn.
Papier aus der Gustav Schaeuffelen'schen Papierfabrik in Heilbronn a. N.

Inhalt.

Seite

Einleitung 7

I. Vom inneren Bau der Pflanze (Anatomie). 8

1. Die Zelle, das Elementarorgan 8
2. Der Bau der Zelle 9
3. Gefäße und Röhren 16
4. Die Gewebearten 17
   a) Das Hautgewebe 19
   b) Das Grundgewebe 20
   c) Das Stranggewebe 21
5. Das Dickenwachstum 23
6. Auswurfstoffe 28
7. Das Leben der Gewebe 29
9. Der Bau von Blatt und Wurzel 30

II. Die äußeren Organe der Pflanze (Morphologie). 34

1. Arbeitsleistung und Arbeitswerkzeug 34
2. Die Entwicklung der Pflanzenorgane 38
3. Die Wurzel 40
4. Die Sproßachse (Stengel, Stamm) 44
   a) Baumechanik der Achse 44
   b) Ausbildung der Achse nach der Lebensdauer . . . 46
   c) Gliederung und Verzweigung der Achse 47
   d) Der Knospenstamm 50
5. Das Blatt 51
   a) Die Teile des Blattes 51
   b) Die Nervatur des Blattes 55
   c) Die Blattstellung 58
   d) Die Metamorphosenstufen des Blattes 59
6. Verschiedenheit der Sproßformen 62
   a) Normale Sproßformen 62
   b) Umgebildete (metamorphosierte) Sproßformen . . . 65
   c) Verkümmerte (reduzierte) Sproßformen 77
   d) Zurückgebliebene (rudimentäre) Sproßformen . . . 79

Digitized by Google

Seite

7. Haarbildungen 80
8. Der Blütensproß. 81
a) Bau der Blüte im allgemeinen 82
b) Bau der Blüte im einzelnen 86
α. Die Achse 86
β. Die Blütenhülle 87
γ. Die Staubblätter 91
δ. Der Stempel 93
9. Die Frucht 96
10. Der Same 103

III. Vom Leben der Pflanze (Physiologie). 105
1. Die Ernährung 106
a) Die Nahrungsmittel 106
b) Die Ernährungsorgane 108
c) Der Stoffwechsel 115
d) Die Atmung 117
2. Das Wachstum 119
3. Die Reizbewegungen 126
4. Die Fortpflanzung 131
a) Die Arten der Fortpflanzung 131
b) Die Bestäubung 135
c) Die Befruchtung 139
d) Vorsorge der Pflanze für die Nachkommenschaft . . 139
Schlußwort 140
Register 142

Digitized by Google

Einleitung.

Die Pflanze ist im Gegensatz zum Mineral ein Lebewesen; die Pflanzenkunde wird daher in der Schilderung des Pflanzenlebens gipfeln. Da wir jedoch das Leben der Pflanze erst dann erforschen können, wenn wir ihre Gestaltung kennen gelernt haben, so wird unser Weg ein derartiger sein, daß wir zuerst das Innere der Pflanze zu verstehen suchen, weil es die Grundlage für das Verständnis alles andern in sich birgt. Wir müssen zu dem Zwecke die Pflanze zergliedern, d. h. Anatomie treiben. Darnach wollen wir die äußere Gestaltung der Pflanze erforschen, ein Gebiet, das man Morphologie nennt. Endlich werden wir die verschiedenen Lebenserscheinungen der Pflanze, wie Ernährung und Atmung, Wachstum und Fortpflanzung, in der sogenannten Physiologie (und Biologie) behandeln. Da aber von der äußeren Gestalt und deren Teilen zuweilen nicht wohl gesprochen werden kann, ohne daß der Beziehung dieser Teile (z. B. der Samenlappen) zu den Lebensvorgängen der Pflanze (z. B. der Ernährung) gedacht wird, so werden wir schon bei der Lehre von der Gestalt manchmal Dinge erörtern müssen, die zur Lehre vom Leben der Pflanze gehören. Hat doch jeder Pflanzenteil bis herab zu so unscheinbaren Gebilden, wie Stachel, Borste und Härchen, seine bestimmte Bedeutung für das Leben der Pflanze. Die Physiologie wird also übergreifen müssen in die Morphologie.

Digitized by Google

I. Vom inneren Bau der Pflanzen.

1. Die Zelle, das Elementarorgan.

Das Leben besteht in der Wechselwirkung eines Wesens mit der Außenwelt. Zur Bethätigung derselben bedarf dieses Wesen aber verschiedener Werkzeuge. Man nennt solche Werkzeuge zum Leben Organe, und Wesen, die solche besitzen, Organismen.

Jedes Organ hat sein bestimmtes Arbeitsgebiet. Allein um diese Arbeit zu erfüllen, muß es selbst eine Teilung innerhalb desselben eintreten lassen. Es muß Organe zweiter Ordnung besitzen, und man kann sich vorstellen, daß diese Teilung und Verfeinerung der Arbeit immer weiter fortschreiten wird und daß hiermit auch eine Teilung und Verfeinerung der Organe gleichen Schritt halten muß. Bei dieser Verfeinerung lassen uns aber unsere Augen gar bald im Stich, und wir müssen, um sie zu erkennen, zum Mikroskop greifen.

Da offenbart sich uns nun ein gar wunderbarer Bau. Wir sehen ein zierliches Gewebe, feiner als irgend eines, das Menschenhand wirkte, und dieses Gewebe besteht aus einer Unzahl von kleinen, dicht aneinander liegenden Bläschen, jedes mit einer eigenen, festen Wand und einem eigenen Inhalt. Man nennt ein solches Bläschen eine Zelle, und da alle Organe sich aus solchen zusammensetzen, so kann man die Zellen die Grund- oder Elementarorgane der Pflanze nennen.

Digitized by Google

Wollen wir uns also Kenntnis von Bau und Verrichtung der Organe verschaffen, so müssen wir uns zunächst über das Grundorgan, die Zelle, verständigen.

2. Der Bau der Zelle.

Die Zelle (Fig. 1) ist also ein kleines Bläschen. Während man aber bei einem solchen gewöhnlich die Wand als die Hauptsache betrachtet, ist dies in der Zelle der Inhalt; die Wand hingegen ist erst ein Erzeugnis des Inhalts.

Dieser Inhalt ist in jugendlichen Zellen eine den ganzen Innenraum ausfüllende schleimige Masse, in der man schon bei mäßiger Vergrößerung kleine Körnchen umherschwimmen sieht und in der außerdem eine größere Masse, der sogenannte Zellkern (welcher ein Kernkörperchen umschließt), auffällt. Damit ist aber der feinere Bau dieser Schleimmasse und ihres Kerns keineswegs erschöpft. Man hat auch die Forschung über denselben noch nicht ganz abgeschlossen; um so mehr können wir hier von ihm absehen.

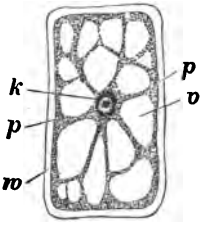

Fig. 1.
Schema einer Zelle.
w Zellwand, p Protoplasma, k Zellkern, v Vakuolen.

Jene Schleimmasse besteht chemisch aus Stoffen, welche man „Eiweißkörper" nennt und die sich durch die Gegenwart von Stickstoff, einem weitverbreiteten chemischen Element, auszeichnen. Sie führt den Namen Protoplasma oder Plasma. Man weiß jetzt, daß von ihm alle Lebenserscheinungen ausgehen, so daß man berechtigt ist, es den Lebensträger der Pflanze zu nennen.

Hierbei ist nun aber zu bemerken, daß es bei den niederen

Digitized by Google

Pflanzen Gebilde ohne Zellenwand giebt, das sind dann also keine Bläschen, auch keine Zellen mehr. Dazu kommt, daß der Inhalt der Zelle für das Leben wichtiger ist als die Wand. Wenn wir nun also auch die Zelle im obigen Sinne als das Elementarorgan der Gewebe betrachten dürfen, so ist sie doch nicht dasjenige des Lebens. Als solches haben wir einen Teil des Inhalts anzusehen, welchen J. von Sachs neuerdings wie wir unten sehen werden, mit Recht als Energide bezeichnet hat.

Wie schon gesagt, nennen wir das Plasma der einzelnen Zelle die Energide, und zwar deshalb, weil von ihr alle Lebensenergie ausgeht. Für die Auffassung der ganzen Pflanze nun als eines Individuums ist es sehr wichtig, daß die Energiden der einzelnen Zellen sich nicht gegenseitig streng abschließen, sondern daß sie mit ihren Nachbarenergiden in Zusammenhang stehen; das geschieht durch äußerst feine Protoplasmafäden, welche durch die sehr feinen Poren der zuerst gebildeten Zellenmembran hindurch gehen und so alle Energiden zu einem gemeinsamen Energidennetz verbinden. Es ist anzunehmen, daß der auf eine gewisse Zelle ausgeübte Reiz durch diese Fäden auf andere übertragen werden kann.

Die Lebensthätigkeit der Energide äußert sich darin, daß sie sich teilt. Das kann also nur eine Protoplasma enthaltende Zelle; ohne dasselbe ist die Zelle als tot zu betrachten. Ferner kann man beobachten, daß sich die kleinen Körnchen des Protoplamas in einer unverletzten Zelle fortwährend strömend bewegen; auch das muß ein Zeichen des Lebens sein. Die Teilung des Protoplasmas und damit der ganzen Zelle hat man direkt beobachtet.

Die Zellteilung geht vom Kern aus, und dieser zeigt darin seine Bedeutung als Zentralorgan der Zelle bezw. der

Digitized by Google

Energide. Plasma und Zellkern haben eine Fadenstruktur. Schickt sich die Zelle zur Teilung an, so teilen sich zuerst die Kernfäden, bilden in der Mitte eine „Kernplatte“ und rücken dann in zwei Gruppen an die Pole, wo sie sich zu zwei neuen Zellkernen vereinigen. Ist dies geschehen, so sammeln sich in der Mitte der Zelle kleine Celluloseteilchen, welche sich endlich zu einer Mittelwand vereinigen: die Teilung der Zelle ist beendet. Diese Vorgänge sind begleitet von der Bildung feiner, die neuen Zellkerne verbindender Fäden („Spindelfasern“) im Protoplasma.

Die Wand der Zelle oder die Zellmembran ist eine feste, dehnbare Haut, welche die allen organischen Häuten eigene Fähigkeit besitzt, Flüssigkeiten durchzulassen (Diosmose). Sie besteht aus einem Stoff, den der Chemiker Cellulose nennt. Die Zelle kann — und zwar geht das auch von der Energide aus — in die Länge und in die Dicke wachsen. Wächst sie in die Länge, so entsteht eine faserförmige Zelle (Fig. 2, b); auch können mannigfache andere Formen entstehen: prismatische Zellen (Fig. 2, a), sternförmige Zellen (Fig. 2, d) u. s. w. Was die Größe der Zellen betrifft, so ist dieselbe natürlich sehr verschieden; bei den höheren Pflanzen sind sie zumeist

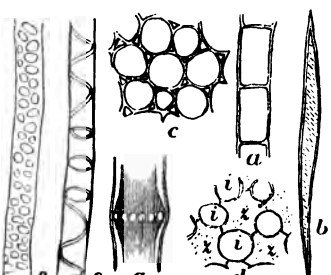

Fig. 2.
Zellformen, stark vergrößert.
a prismatische Zellen; b Faserzelle; c Gewebe aus rundlichen Zellen mit Intercellularräumen; d sternförmige Zelle (Z) mit großen Lücken (i) (Schwammgewebe); e Gefäß mit Spiral- und Ringleisten; f Tüpfelgefäß; g Siebröhre, Stelle wo zwei Glieder derselben aneinanderstoßen, in der Mitte die quer durchschnittene Siebplatte, das Graue ist der Inhalt.

mikroskopisch klein; es giebt aber auch niedere Pflanzen, welche aus einer einzigen Zelle bestehen („nichtcelluläre Pflanzen"), die unter Umständen sehr groß werden und eine weitgehende Individuation bezüglich der Gestalt aufweisen können. Daß diese „einzelligen" Pflanzen aber den mehrzelligen entsprechen, zeigt der Umstand, daß ihre Energiden zahlreiche Kerne besitzen.

Das Dickenwachstum geht vom Lumen der Zelle aus. Die verdickte Membran zeigt oft deutlich konzentrische Schichtung. Doch werden diese Schichten nicht ganz gleichmäßig gebildet, so daß in der Wand kanalartige Lücken (Fig. 3) entstehen, welche bis auf die ursprüngliche Wand der jungen Zelle gehen. Daß auch in dieser primären Wand sehr feine Kanäle die Zellen verbinden, ist schon gesagt. Gewöhnlich stoßen sie hier mit ähnlichen Kanälen der benachbarten Zellen zusammen, so daß an diesen Stellen eine Verbindung mit letzteren stattfinden kann. Von der Fläche gesehen, erscheinen diese Kanäle als Tüpfel. Die Verdickungen der Zellmembran können aber auch derart von Statten gehen, daß sie als Leisten (von Spiral-, Ring-, Netz- u. s. w. Form) in das Innere der Zelle vorspringen und dann, von der Fläche gesehen, als eine dementsprechende Zeichnung erscheinen (Fig. 2, e und f).

Fig. 3. Steinzelle, stark vergrößert; verdickte Zellwand mit Tüpfelkanälen.

Eine besondere Form der Tüpfel sind die behöften; hier ist der Tüpfelkanal nicht gleichmäßig weit, sondern wird nach der primären Zellhaut zu weiter, die Oeffnung ist also enger, da ihm auf der anderen Seite ein ähnlicher Tüpfel entspricht; so entsteht im Ganzen dadurch ein linsenförmiger Raum, der in der Mitte durch eine Wand geteilt ist. Diese behöften Tüpfel sind Klappenventile; sie finden sich z. B. an faserförmigen Zellen, die dann Tracheïden genannt werden.

Neben dieser Form-Veränderung durch Dickenwachstum kann die Zellwand auch stoffliche Veränderungen erfahren, indem in die Cellulose Stoffe eingelagert werden, welche ihr besondere Eigenschaften verleihen. So kann die Membran durch Einlagerung von Suberin bezw. Kutin verkorken und durch Lignin verholzen. Im ersten Fall zeigt sie eine besonders nachgiebige Geschmeidigkeit und ist dabei für Wasser undurchlässig. Die Pflanze läßt ihre Membran verkorken, wenn sie diese beiden Eigenschaften haben soll. Bei der Verholzung erlangt die Zellwand eine hervorragende Festigkeit, ohne dabei ihre Fähigkeit einzubüßen, Wasser durchzulassen; im Gegenteil das Wasser bewegt sich dann in ihr ganz besonders leicht. Endlich kann die Zellwand auch verschleimen (z. B. beim Lein- und Quittensamen).

Wenn die Wand wächst und die Zelle dadurch an Umfang zunimmt, so kann das Protoplasma dem nicht in gleichem Maße folgen, und es müssen darin Lücken entstehen, welche Vakuolen genannt werden, die aber nicht etwa leer sind, sondern mit dem von außen eintretenden Zellsaft angefüllt werden, d. h. mit Wasser, welches einige Salze (auch Zucker, organische Säuren und Farbstoffe) enthält. Das Protoplasma ist dann netzartig zerklüftet, und gewöhnlich schwebt der Zellkern mehr oder weniger in der Mitte, von einem Netzwerk von Plasmafäden getragen. Das an die Vakuolen angrenzende Plasma hat eine größere Festigkeit (Hautschicht), weshalb man gedacht hat, jene hätten eigne Wände. Nehmen die Vakuolen aber noch mehr überhand, so geht das Plasma ganz an die Wand zurück und mit ihm auch der Kern. Es bildet dann einen ringsum geschlossenen Sack, den Primordialschlauch.

Plasma und Zellsaft sind aber nicht die einzigen Inhaltskörper der Zelle, vielmehr kann das lebendige Protoplasma

noch manche andere Stoffe in sich ausbilden. Da ist zunächst als wichtigster das Chlorophyll zu nennen, auf deutsch Blattgrün. Es verleiht der Pflanze die uns so wohlthuende grüne Farbe. Genauere Untersuchung mit dem Mikroskop zeigt, daß sich in dem Plasma gewisser Zellen, vor allem des Blattes, kleine Plasmakörnchen (Chloroplasten) befinden, welche mit einem grünen Farbstoff ausgestattet sind, der im Wasser nicht löslich ist, den man aber aus den Blättern durch Alkohol herausziehen kann.

Für eine Pflanze, die sich selbständig ernähren will, ist der grüne Farbstoff ein ganz unerläßlicher Bestandteil, der überhaupt erst die Ernährung bewirkt, wie dies später noch dargelegt werden soll, wenn wir von der Ernährung der Pflanze reden. Diese grüne Farbe kann nur entstehen, wenn das Sonnenlicht auf die Pflanze einwirkt: jedermann weiß ja, daß im Keller austreibende Pflanzen bleich und gelblich sind, daß sie aber ergrünen, wenn man sie ans Licht bringt; auch ist zum Ergrünen der Chloroplasten die Gegenwart von Eisen nötig. Innerhalb der Zelle nehmen die Blattgrünkörner oft eine durch das Licht beeinflußte Lage ein. Sie führen in gewisser Hinsicht ein selbständiges Leben, wenigstens hat man beobachtet, daß sie sich teilen.

Neben den Chlorophyllkörnern sind von den Inhaltskörpern der Zellen noch andere körnige Stoffe besonders wichtig, die man als das Produkt der Ernährung zu betrachten hat; nämlich die Stärkekörner. Sie entstehen in den Blattgrünkörnern selbst oder in besonderen farblosen Protoplasmagebilden (sog. Leukoplasten), denen man darnach den Namen Stärkebildner erteilt hat. Ihre körnige Beschaffenheit zeigt an, daß sie im Zellsaft, also in Wasser, unlöslich sind. Die Stärkekörner zeigen bei verschiedenen Pflanzen verschiedene

Digitized by Google

Formen. Hierauf beruht die Möglichkeit, die verschiedenen bekanntlich aus Stärke bestehenden Mehlarten mikroskopisch nachzuweisen und Fälschungen aufzudecken. Gewöhnlich ist eine Schichtung der Körner mehr oder weniger deutlich. Sie werden, ein bequemes Erkennungsmittel, durch Jodlösung blau gefärbt. Für die Pflanze sind sie von sehr großer Bedeutung. An dieser Stelle merken wir uns nur, daß sie den wichtigsten Bau- und Reservestoff darstellen.

Von anderen Inhaltsstoffen der Zelle nennen wir die nichtgrünen Farbstoffe. Trotz ihrer so großen und in die Augen fallenden Mannigfaltigkeit lassen sie sich in zwei Gruppen teilen: die einen sind in Zellsaft löslich, das sind die blauen und roten Farben; die anderen sind unlöslich und bilden daher Körnchen, das sind die gelben Farben, deren Zusammenhang mit dem Blattgrün unzweifelhaft ist. Sie sind wie letzteres an Protoplasmakörnchen gebunden, die man Chromoplasten nennt. Die große Mannigfaltigkeit der Farben in der Pflanzenwelt wird mit recht einfachen Mitteln erreicht: Kombination der verschiedenen Farben und besondere anatomische Verhältnisse.

Ein im Pflanzenreich sehr verbreiteter Stoff ist der Gerbstoff. Er ist gelöst und läßt sich daher nur durch besondere chemische Reaktionen nachweisen. Ueber seine Bedeutung ist man sich trotz ausgedehnter Untersuchungen noch wenig klar: gewiß ist aber z. B., daß eine Art Gerbstoff mit der roten und blauen Farbe zusammenhängt.

Neben den genannten Inhaltskörpern finden sich in der Zelle Kristalle verschiedener Salze in Form von Nadeln, Doppelpyramiden und Morgensternen. Ganz besonders kommt hierbei oxalsaurer Kalk in Betracht; diese Kristalle sind Auswurfstoffe, die aber, wenn giftig, ein Schutzmittel gegen Angriffe von Tieren bilden. Endlich seien noch die rundlichen

Digitized by Google

oft kristallähnliche Eiweißmassen umschließenden Proteïnkörner genannt, welche selbst auch Eiweißstoffe sind und z. B. in Samen von Gräsern und von Ricinus vorkommen.

3. Gefäße und Röhren.

Es läßt sich der Satz aufstellen, daß es nichts in der Pflanze giebt, was nicht aus Zellen besteht oder doch wenigstens aus und in Zellen seinen Ursprung genommen hat.

Nun wird die Pflanze aber noch von Röhren durchzogen, die in den Wurzeln ihren Anfang nehmen und oben in dem zarten Aderwerk der Blätter endigen. Auch sie sind ursprünglich Zellen gewesen, aber dadurch, daß die Querwände der senkrecht untereinander liegenden Zellen aufgelöst wurden, zu Röhren geworden. — Sie werden Gefäße genannt und stellen ein Leitungssystem für Luft, auch wohl für Wasser dar. Aeußerlich sind sie, natürlich nur unter dem Mikroskop, daran zu erkennen, daß sie eigenartige Wandverdickungen besitzen, Leisten, die in das Innere der Röhren einspringen und teils spiralig, teils ringförmig, netzförmig, treppenförmig oder endlich einfach tüpfelförmig sind; man unterscheidet darnach Spiral-, Ring-, Netz-, Treppen- und Tüpfelgefäße. Diese Leisten sollen offenbar die Gefäße aussteifen (Fig. 2, e und f) und ihnen größere Festigkeit verleihen. Die Wände der Gefäße sind verholzt, leiten daher leicht Wasser. Da die Energiden aus ihnen verschwunden sind, so sind die Gefäße als tot zu betrachten, doch spielen sie trotzdem noch als Luft- und Wasserleiter eine große Rolle. — Mit den oben genannten Tracheïden sind die Gefäße durch Uebergänge verbunden.

Neben diesen Gefäßen kommen in der Pflanze sogenannte Siebröhren vor. Es sind dies Röhren, die auch aus übereinanderstehenden Zellen entstehen; hier werden aber die

Querwände nicht ganz aufgelöst, sondern siebartig durchlöchert. Auch an den Seiten der Siebröhren kommen solche Siebplatten vor. Die Wände bestehen noch aus Cellulose, und der Gehalt an Protoplasma, wenigstens als dünner Wandbeleg, zeigt an, daß die Siebröhren noch Leben haben. Vor allem enthalten sie aber einen Eiweißschleim, offenbar ein Nährstoff der Pflanze, dessen Leitung sie übernehmen. (Fig. 2, g.)

Eine dritte Art von Röhren sind die Milchsaftröhren, welche jenen milchartigen Saft enthalten, durch den sich manche Pflanzen, wie die Wolfsmilcharten, auszeichnen. Auch sie entstehen durch Resorption der Querwände über einander liegender Zellen; es giebt jedoch auch Milchsaftzellschläuche, einzelne, verzweigte, sehr lange Zellen, welche am Ende immer weiter wachsen.

4. Die Gewebearten.

Wir haben schon gesehen, daß eine Lebensthätigkeit der Zelle darin besteht, daß sie sich teilen kann. Es giebt viele niedere Pflanzen, welche ihr Lebtag einzellig bleiben. Haben sie sich geteilt, so trennen sich auch die beiden „Tochterzellen" alsbald wieder. Allein bei den meisten Pflanzen ist es nicht so, sondern da bleiben die beiden neuen Zellen in stetem Zusammenhang, und jede dieser beiden Töchter kann nun auch dem Beispiel der Mutter folgen und sich wieder teilen, indem jedesmal die sich teilende Zelle ihre eigene Selbständigkeit aufgiebt und zu zwei neuen Zellen wird. So entsteht eine Gemeinschaft von Zellen, welche Gewebe genannt wird (Fig. 2, c und d).

Es liegt auf der Hand, daß der Charakter dieser Gewebebildung unter dem Einfluß der Richtung stehen wird, in welcher sich die Teilung und Ausdehnung der Zellen fortsetzt. Erfolgen die Teilungen, sowie die Ausdehnung der Zellen in

einer auf der Längsachse der Zelle senkrechten Richtung, so geht aus diesem Wachstum ein fadenförmiges, nur eine Zelle breites Gewebe hervor; finden die Teilungen in zwei Richtungen statt, so muß ein flächenartiges Gebilde entstehen, und wenn sich endlich die Zellen in drei auf einander senkrecht stehenden Richtungen teilen, so ergiebt sich ein Zellkörper.

Wir haben nun in der Natur Pflanzen, welche diesen einzelnen Formen entsprechen. Neben den einzelligen Pflanzen finden wir besonders unter den niederen Formen solche, die ein faden-, flächen- oder körperförmiges Gewebe darstellen; aber auch an der höheren Pflanze kommen derartige Gebilde vor; doch sind bei ihr die körperlichen Gewebe die bei weitem überwiegenden. Bei der Einteilung der Gewebearten einer höheren Pflanze ist die Form der einzelnen Zellen maßgebend, vor allem aber auch ihre physiologische Bedeutung, ohne welche sie nicht zu verstehen sind.

Wenn die Zellen, die das Gewebe zusammensetzen, eine im allgemeinen würfelförmige oder prismatische Gestalt haben und sich in ihren Ausdehnungen mehr der Kugelform nähern, so nennt man das Gewebe parenchymatisch (Parenchym); besteht es dagegen aus faserförmigen langgestreckten Zellen, so ist es prosenchymatisch (Prosenchym). Das erstere dient mehr Ernährungszwecken, das letztere der Wasserleitung und mechanischen Zwecken. Wenn in einem parenchymatischen Gewebe nur die Ecken Verdickungen zeigen, so nennt man es Kollenchym, wenn es aber aus sehr stark verdickten Zellen (Fig. 3, Steinzellen) besteht, Sklerenchym.

Wichtiger ist die Unterscheidung der Gewebe nach ihrer physiologischen Bedeutung. Dabei ist zunächst zu beachten, ob das Gewebe noch teilungsfähig ist, dann nennt man es Meristem (primär ist das Meristem des Vegetationskegels)

am Gipfel der Sprosse und Knospen; sekundär ist das Meristem, Kambium, welches die Korkbildung der Bäume bewirkt, s. unt.), oder ob es die Teilungsfähigkeit verloren hat, dann ist es ein Dauergewebe. — Nach ihren Aufgaben sind dann ferner die Dauergewebe bei den höheren Pflanzen in drei Gruppen zu teilen, die nach Lage und Form bezeichnet werden als Hautgewebe, Grundgewebe und Stranggewebe.

a) Das Hautgewebe

umschließt, wie der Name sagt, als eine Haut die ganze (junge) Pflanze; später ist es nur noch auf den Blättern zu finden. Das übrige Gewebe der Pflanze erscheint dann wie eine Grundmasse (daher Grundgewebe), in welcher strangartige Massen (Stranggewebe) gewissermaßen eingebettet sind.

Die Zellen des Hautgewebes stehen lückenlos zusammen; sie enthalten kein Chlorophyll, und die äußerste Schicht ihrer Außenwand ist verkorkt (durch Kutin), also elastisch und undurchlässig für Wasser. Sie sind entweder sechseckig langgestreckt (oft an grünen Stengeln), oder ihre Wände sind geschlängelt und greifen ineinander (besonders an Blättern). Sie besitzen schwache Energiden, farblose Chromatophoren und viel Wasser, so daß durch die Oberhaut die Pflanze wie mit einem Wassermantel umgeben ist. Die Undurchlässigkeit für Wasser wird oft durch eine Wachsschicht auf der Oberhaut verstärkt (Erbse), auch Inkrustationen von Kieselsäure und Kalk kommen vor. Die vom Hautgewebe gebildete Oberhaut oder Epidermis der Blätter dient aber auch dem Gasaustausch und der Transpiration (Ausdünstung). Dazu besitzt sie besondere Vorrichtungen, die sogenannten Spaltöffnungen: zwei bohnenförmige Zellen (Schließzellen, mit Chlorophyll) stehen einander gegenüber, lassen also zwischen sich einen Spalt,

der sich durch Annäherung oder Entfernung der Schließzellen schließen, bezw. öffnen läßt. Beides wird von der Pflanze selbst geregelt; denn bei großem Wassergehalt treten die Schließzellen auseinander, und bei geringem Wassergehalt nähern sie sich einander, was mit der verschiedenen Ausbildung der Schließzellenwände zusammenhängt.

Spaltöffnungen finden sich besonders auf der Blattunterseite, bei schwimmenden Blättern auf der Oberseite, weniger zahlreich an krautigen Stengeln. — Manche Pflanzen besitzen zur Absonderung flüssigen Wassers besondere „Wasserspalten."

Haare sind Gebilde der Oberhaut; die einfachsten entstehen, indem sich Epidermiszellen vorwölben und wachsen; nehmen auch tiefer gelegene Zellen an ihrer Bildung teil, so spricht man von Emergenzen. — Beide haben sehr mannigfache Formen; sie dienen zum Schutz gegen Verdunstung oder gegen Tiere. Manche Haare sondern ein Sekret ab, Drüsen- und Brennhaare.

b) Das Grundgewebe

kann je nach seinem Zweck die oben genannten Formen zeigen: parenchymatisches Grundgewebe dient meistens der Ernährung, in ihm findet sich daher oft Chlorophyll (es kommt vor im Blattgewebe und in der Rinde). Doch auch das Mark der Bäume ist Parenchym; da es aber kein Plasma enthält, ist es als tot zu betrachten. Sklerenchymatisches und kollenchymatisches Gewebe kommt in der Rinde vor und soll derselben Festigkeit verleihen. Zwischen den Zellen finden sich oft Lücken, Intercellularräume (Fig. 2 c), welche der Durchlüftung dienen. Sind sie groß und die Zellen sternförmig, so entsteht ein schwammartiges Gewebe (Fig. 2 d) (bei Wasserpflanzen).

Das Grundgewebe kann aber auch Speichergewebe sein,

in vielen Organen wird in ihm vor allem Stärke als Reservestoff abgelagert; es können in ihm jedoch auch Auswurfstoffe, wie Harze, Gummi, ätherische Oele, Alkaloide angesammelt werden, die dann auch noch eine Nebenbedeutung haben (s. unten).

c) Das Stranggewebe

stellt jene Stränge dar, welche, wie schon gesagt, in dem Grundgewebe gleichsam eingebettet sind und die ganze Pflanze durchziehen. Sie beginnen an den Wurzelspitzen und endigen in den feinen Verästelungen der Blattadern. Sie bilden ein Leitungssystem, dienen aber, wie wir gleich sehen werden, auch noch anderen Zwecken. Gerade bei ihnen zeigt sich so schön, wie in der Natur, bei der Allweisheit ihrer Einrichtungen, mit einem Mittel mehrere Zwecke erfüllt werden.

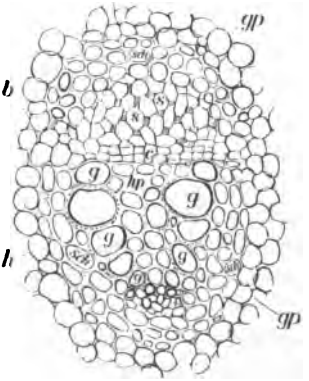

Fig. 4.
Ranunculus repens, kriechender Hahnenfuß, ein Gefäßbündel, stark vergrößert.
b Bastteil; c Kambium; h Holzteil; s Siebröhren; g Gefäße; hp Holzprosenchym; sch Scheide; gp Grundparenchym.

Man nennt diese Stränge (Fig. 4) Gefäßbündel, weil in ihnen Gefäße vorkommen; es ist aber keine gute Bezeichnung, da die Gefäße durchaus nicht die Hauptsache sind; besser ist es, sie Leitbündel zu nennen. Sie bestehen in der ausgeprägtesten Form aus 3 Teilen: Gefäßteil (auch Holzteil genannt), Siebröhrenteil (auch Bast) und Kambium. Auf dem meist eiförmigen Querschnitt des Ge-

fäßbündels sind diese drei Teile so angeordnet, daß das Kambium eine schmale Zone zwischen den beiden anderen Teilen einnimmt, und im Stengel ist das Gefäßbündel meist derartig gestellt, daß der Gefäßteil dem Mittelpunkt, der Siebröhrenteil dagegen dem Umfang zugekehrt ist.

Der Gefäßteil hat seinen Namen von seinen hervorstechendsten Bestandteilen, nämlich den Gefäßen. Die innersten Gefäße sind enger als die äußeren, und die Untersuchung auf dem Längsschnitte zeigt, daß jene inneren enge Spiral- und Ringgefäße sind. Weiterhin besitzt das Gefäßbündel aber nur Tüpfelgefäße. Zwischen den Gefäßen liegen Parenchymzellen und besonders auch Holzfaserzellen, welche oft den größten Teil des Holzes ausmachen.

In dem Siebröhrenteil finden sich Siebröhren (ohne Zellkern), daneben Parenchymzellen, welche Geleitzellen (mit Zellkern) heißen. Dieser Teil des Gefäßbündels ist gewöhnlich aus dünnwandigeren und unverholzten Zellen gebildet, hat auch einen geringeren Umfang als der Holzteil. Um ihn herum liegt ein Halbmond von Fasern, welche oft mit denen, die den Holzteil umgeben, zusammenstoßen und dann eine „Schutzscheide" bilden. Geht diese um das ganze Bündel herum, so schließt dies eine Vergrößerung desselben aus; das Kambium erstarrt dann zu einem dünnwandigen Gewebe; ein solches Bündel heißt „geschlossen," während es im ersteren Fall „offen" genannt wird.

Das Kambium ist im übrigen eine Schichte von sehr zarten Zellen, welche in Teilung begriffen sind und sich nach außen zu den Zellen des Siebröhrenteils, nach innen zu denen des Gefäßteils ausbilden. Es hängt unmittelbar mit dem Meristem des Vegetationskegels zusammen, ist also ein primäres Meristem.

Digitized by Google

Was nun die Bedeutung der Gefäßbündel anbelangt, so dienen sie in erster Linie zur Leitung: der Gefäßteil zur Leitung des Wassers, der Siebröhrenteil zur Leitung der Eiweißstoffe. Daneben sollen die Gefäßbündel aber auch durch ihre mechanisch wirksamen Zellen und Fasern die Pflanze aufrecht erhalten; sie bilden demgemäß Träger, welche in ihrer Gesamtordnung, wie auch in der Ordnung ihrer mechanischen Zellen den Gesetzen der Mechanik entsprechen.

5. Das Dickenwachstum.

Einzelne Gefäßbündelstränge, wie sie eben beschrieben wurden, durchziehen den Stengel einjähriger, schwacher und der monokotylen Pflanzen, sowie alle Blätter. Allein es läßt sich denken, daß dies so einfach nicht bleiben kann, wenn der Stengel im Lauf des Lebens in die Dicke wächst, wie es bei den meisten Dikotylen ist (Fig. 5). In diesem Fall geht das Wachstum auch wieder von dem Gefäßbündel aus und zwar von dem Kambium.

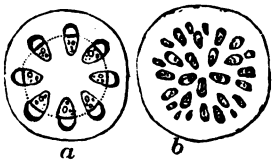

Fig. 5.
Schema der Gefäßbündelanordnung (auf dem Querschnitt) bei einer dikotylen Pflanze Fig. 5, a), z. B. Hahnenfuß, und einer monokotylen Fig. 5, b) z. B. Binse, Gras. Im ersten Fall sind die Bündel in einen Kreis gestellt, an den gestrichelten Stellen bildet sich beim Dickenwachstum das Kambium. Im zweiten Fall sind die Bündel auf den Querschnitt zerstreut.

Die zarten Zellen desselben haben die Fähigkeit behalten, sich zu teilen; sie bilden gewissermaßen einen Jungbrunnen, aus dem sich die Pflanze andauernd erneuern kann. Dabei findet aber noch etwas Besonderes statt. Es läßt sich vorstellen, daß das Wachstum in die Dicke ein ganz ungleichmäßiges sein würde, wenn das Kambium immer nur in einzelnen Bündeln vorkäme. Um dies zu vermeiden, entsteht gar bald

Digitized by Google

ein geschlossener Ring, und zwar dadurch, daß die zwischen den Kambiumteilen liegenden Parenchymzellen des Grundgewebes anfangen, sich zu teilen und daß die neuen Zellen sich dem Kambium anschließen.

Dieser derartig entstandene Kambiumring erzeugt nun fortwährend nach innen Gefäße, Fasern und Parenchymzellen, nach außen Siebröhren und Parenchymzellen, sowie auch Faserzellen. Die ersteren schließen sich zu einem dichten Gewebecylinder zusammen und bilden das, was man im gewöhnlichen Leben Holz nennt; die letzteren hingegen bilden nur einzelne Kappen über den ursprünglichen Gefäßbündeln. Ihre Fasern aber hängen in festen Schichten zusammen und lassen sich daraus als Bast gewinnen, der bekanntlich wegen dieser Eigenschaft zum Binden u. s. w. benutzt werden kann.

Bei den Nadelhölzern besteht das sekundär gebildete Holz nur aus Tracheïden, bei den bedecktsamigen Bäumen (also z. B. bei unseren Obst- und Laubwaldbäumen) hat das Holz einen viel komplizierteren Bau, indem es neben echten Gefäßen noch Tracheïden, Faserzellen und Parenchymzellen in vielfachen Uebergängen aufweist. Hierdurch kann zwischen den verschiedenen Arten eine große Mannigfaltigkeit erreicht werden, so daß man die Arten nach dem Holz unterscheiden kann. Die Gefäße und Tracheïden dienen dabei der Luft- und Wasserleitung, die parenchymatischen Elemente und Faserzellen sind oft Speicherorgane, in denen sich im Winter Stärke ansammelt.

Der Holzkörper ist übrigens doch kein völlig einheitlich gebildeter Gewebecylinder, er wird vielmehr von Zellplatten durchzogen, die senkrecht stehend strahlig von innen nach außen laufen, so daß sie auf dem Querschnitt als dünne Strahlen, auf dem sog. Radialschnitt (in der Richtung des Radius) dagegen als Zellplatten erscheinen. Man nennt sie Mark-

Digitized by Google

strahlen, weil sie, wenigstens z. T., von dem Mark, d. h. dem innersten Grundgewebe, aus nach außen strahlig verlaufen, nämlich an den ursprünglichen Trennungsstellen der benachbarten Gefäßbündel. Es giebt aber auch noch andere derartige Markstrahlen, welche das Mark nicht erreichen, also kürzer sind; sie werden im Gegensatze zu den anderen, den „primären," die „sekundären" Markstrahlen genannt. In den Markstrahlen werden die in den Blättern gebildeten Stoffe geleitet; oft sieht man in ihnen eine Aufspeicherung von Stärke.

Die Thätigkeit des Kambiums ist natürlich von äußeren Verhältnissen abhängig; sind diese den Ernährungsverhältnissen ungünstig, so wird die Lebensthätigkeit, d. h. die Teilung des Kambiums, eine verminderte sein. Nun ist ja in unsern Breiten die Vegetationsperiode keine andauernde, sondern wird mit dem Eintritt einer kälteren Jahreszeit unterbrochen. Dann fällt das welkende Laub von den Bäumen, und der Baum streckt trauernd seine kahlen Aeste gen Himmel. Und auch im Innern steht der Lebensstrom still; es ist, als ob ein tiefer Winterschlaf alle Zellen in seinen erstarrenden Bann nähme: die Teilung des Kambiums wird vollständig eingestellt, und der Baum wächst also auch nicht in die Dicke. Bekanntlich kommt aber auch der Winter nicht über Nacht nach einem warmen Sommertag. Vielmehr ergreift er allmählich das Scepter und gewöhnt durch seinen milderen Boten Herbst die Natur an seine strenge Herrschaft. Demnach wird auch der Baum im Verlauf des Herbstes seine Thätigkeit allmählich einstellen, daher beobachtet man dann auch im Herbst, wie die Teilungen des Kambiums allgemach schwächer werden. Obendrein sind die Zellen, die es dabei bildet, dickwandiger und enger, und die Zahl der Gefäße ist kleiner. Die Folge

Digitized by Google

davon ist, daß dieses Herbstholz dichter erscheint als das früher erzeugte. Tritt nun aber nach der winterlichen Ruhe wieder, von den lauen Lüften erweckt, die neue Vegetationsperiode ein, so beginnt auf einmal ein mächtiges Strömen und Wandern der Lebenssäfte, und das Kambium fängt machtvoll seine Arbeit von neuem an. Die Folge davon ist, daß nun ein Gewebe, das sogenannte Frühjahrsholz, entsteht, das einen ganz andern Charakter hat; es hat weitere und dünnwandigere Zellen und ist reicher an Gefäßen; daher erscheint es bedeutend lockerer als das Herbstholz.

Denkt man sich dies nun in den verschiedenen Jahren wiederholt, so wird es verständlich, daß der Holzkörper auf dem Querschnitt wie aus konzentrischen Ringen zusammengesetzt erscheint; denn die Grenze des lockeren Frühjahrsholzes gegen das feste Holz des vorigen Herbstes ist eine scharfe. Man nennt diese Ringe Jahresringe. Aus ihrer Ausbildung und Dicke läßt sich auf die Fruchtbarkeit und auf allerhand Begleiterscheinungen des betreffenden Jahres schließen. Da in jedem Jahr dem Holz ein Ring zugefügt wird, kann man aus der Zahl der Jahresringe auch auf das Alter des Baumes schließen. Der Zuwachs der Bastregion ist hingegen kein so regelmäßiger, höchstens dann, wenn die Bastfasern zonenweise entstehen. Jedenfalls kann an diesem Teil des Baumes das Alter nicht erkannt werden.

Wenn der Baum nun von Jahr zu Jahr dicker wird, so läßt sich denken, daß auch die Außenschicht eine Veränderung erfahren muß. Nun ist ja die Oberhaut aus verkorkten und daher elastischen Zellen gebildet, so daß sie einem von innen her auf sie ausgeübten Druck wohl im Anfang nachgeben kann; allein dies kann selbstredend nicht lange andauern, und endlich, wenn die Elastizitätsgrenze der Oberhaut über-

Digitized by Google

schritten ist, wird sie platzen. Da hierdurch aber dem Wasserstrom im Innern ein seitlicher Ausweg gestattet wäre, muß die Pflanze Vorbeugungsmaßregeln treffen.

Schon ehe jene Katastrophe in der Oberhaut eintritt, bildet sich aus ihren eigenen oder aus unter ihr gelegenen Zellen eine Schicht teilungsfähigen Gewebes, das nun rings um den Stamm herum einen Mantel dicht aneinander stehender Zellen bildet, die zwar meist ziemlich dünnwandig sind, aber doch wegen Verkorkung der Wände eine beträchtliche Dehnbarkeit aufweisen, aus demselben Grunde aber auch die Verdunstung des Wassers hindern. Soll nun dieser Ersatz der Oberhaut ein dauernder sein, so muß er sich fortwährend erneuern, und dies geschieht thatsächlich durch ein besonderes Kambium in der Rinde des Baumes, aus welchem sich fortwährend nach außen neue derartige Zellen bilden, in demselben Maße, wie die außen gelegenen sich abstoßen oder wegen des Dickenwachstums des Baumes sich ablösen. Die dadurch entstehenden mehr oder weniger mächtigen Gewebeschichten führen den Namen Kork. Dieselben sind bei der Korkeiche so stark, daß man sie ablösen und verwerten kann, wobei ihre Elastizität und Undurchlässigkeit für Wasser besonders wertvoll sind (Flaschenkork).

Es ist schon gesagt worden, daß jenes sich nachträglich bildende Korkkambium in der Oberhaut selbst oder auch in tieferen Schichten der Rinde seinen Ursprung nehmen kann. Dies kann zu einer Bildung besonderer Art führen. Wenn nämlich der Kork in tieferen Schichten entsteht, so wird er nach außen Gewebemassen abschneiden, und diese müssen unbedingt absterben, weil der Kork die Wasserzufuhr zu jenen Schichten hindert; dies ist aber jederzeit gleichbedeutend mit Tod. Diese äußeren Gewebeschichten werden nun vertrocknen

Digitized by Google

und sich allmählich samt dem äußeren Kork ablösen; man nennt sie dann Borke. Man unterscheidet zwei Hauptformen der Borke: Schuppen- und Ringelborke. Die erstere ist an Birnbäumen und Kiefern deutlich zu sehen; die sich hier ablösenden Schuppen entstehen dadurch, daß der Kork nur kleinere Partien der Rinde abschneidet. Die bei Kirschbäumen und Birken bemerkenswerte Ringelborke hingegen erfordert eine rings um den Baum gehende, geschlossene Korkschicht, welche infolge des Dickenwachstums platzt und sich ablöst, um einer tiefer gelegenen Korkschicht Platz zu machen.

6. Die Auswurfstoffe.

Neben den angedeuteten Bauelementen des Pflanzenkörpers finden sich noch andere, deren Bedeutung keine sehr große ist: die sogenannten Auswurfstoffe, also Stoffe, welche von der Pflanze ausgeschieden sind, weil sie für ihren eigentlichen Aufbau keinen Wert mehr haben. Es sind das gewöhnlich Gummi- und Harzstoffe, sowie ätherische Oele. Sie sind Nebenprodukte des Stoffwechsels, leisten aber trotzdem noch eine kleine Arbeit, ein Beweis, wie wunderbar und weise alles an der Pflanze ausgenutzt ist und wie das eine so fein in das andere eingreift, daß nie und nimmer ein Zufall, sondern nur eine unendliche Weisheit es so hat ordnen können. Manche dieser Stoffe, die, besonders wenn sie an Laubblättern, Samen und Früchten auftreten, harzig sind und stark riechen, schützen diese Teile vor Tierfraß. Andere, wie besonders ätherische Oele, dienen gerade umgekehrt dazu, Tiere anzulocken, um sie zur Verbreitung der Samen und Früchte zu bewegen.

Diese oft großen Massen von Harz, welche aus den Wunden der Nadelhölzer hervorquellen, bewirken, daß die

Digitized by Google

Wunden von der Luft abgeschlossen werden und unter diesem Schutz besser vernarben. Die Balsamstoffe, welche die Knospen, z. B. der Roßkastanie, bekleiden, schützen die jungen Blätter vor Tieren und vor zu weit gehender Wasserverdunstung. Die Klebstoffe am Stengel der Pechnelke fangen unliebsame Gäste vor ihrem Eintritt in die Blüte wie mit einer Leimrute ab.

Diese Stoffe finden sich in Behältern, die sowohl dem Haut- als auch dem Grund- und dem Stranggewebe angehören können. Wir rechnen hierher auch den Milchsaft, der aus einer wässerigen Flüssigkeit (oft mit Stärke und Zucker) und darin schwimmenden Gerinnungskörperchen besteht und auch Harze und Gummi enthält. Er findet sich in vielfach verzweigten Röhrensystemen; die Röhren sind, wie schon gesagt, entweder gegliedert (wie bei Schwarzwurz) oder ungegliedert (wie bei Wolfsmilch). Manche Harze, Gummistoffe und Gerbstoffe finden sich in Schläuchen, d. h. in sehr langen übereinander liegenden, dünnwandigen Zellen, welche namentlich im Grundgewebe liegen. Oft kommt es vor, daß sich zwischen den Zellen Intercellularräume bilden, welche durch Auseinanderweichen der Zellen entstehen und Gummi und Harz in sich aufnehmen; dabei kann der Gang mit besonderen Zellen austapeziert sein, welche jene Auswurfstoffe absondern, aber sie zum Teil auch durch Umwandlung ihrer eigenen Zellwände erzeugen.

7. Das Leben der Gewebe.

Die verschiedenen Gewebe zeigen eine sehr weitgehende Arbeitsteilung: das eine dient der Ernährung, das andere der Leitung, das dritte der Speicherung. Dieses hält das Wasser in der Pflanze zurück und reguliert seine Verdunstung, jenes giebt ihr die nötige Festigkeit. So hat jedes seine Arbeit.

Digitized by Google

Daß auch ein Wachstum der Gewebe möglich ist, haben wir bei Erörterung des Dickenwachstums und des Korkkambiums gesehen; die eigentliche Neubildung aller Gewebe findet vom Vegetationskegel aus statt.

Natürlich ist das Leben der Gewebe abhängig vom Leben der Energiden seiner Zellen. Wie die Zelle ohne Energiden tot ist, so auch ein Gewebe ohne Energiden in seinen Zellen. Aber auch die toten Gewebe haben oft noch ihren besonderen Zweck. Manche freilich, wie die Borke und oft auch das Mark, werden abgestoßen oder resorbiert, andere, wie das Kernholz der Bäume, erhöht die Festigkeit und hilft den Baum aufrecht erhalten.

8. Der Bau von Blatt und Wurzel.

Während der Stengel (und auch die Wurzel, also die Achsenorgane) radiär d. h. strahlig gebaut ist, ist das Blatt bilateral, d. h. zweiseitig: es besitzt eine Rücken- und Bauchseite, ein Oben und Unten. Es ist in seiner vollendeten Gestalt flächenförmig und besteht der Hauptsache nach aus einem Grundgewebe, welches oben und unten von einer Oberhaut überzogen ist, die den früher beschriebenen Bau besitzt. In diesem Grundgewebe findet sich ein reiches Netz von Gefäßbündeln, welche hier den Namen Adern oder Nerven führen. Ersterer ist nicht gut und letzterer sehr schlecht; denn mit dem tierischen Begriff Ader haben diese Stränge wenig und mit den Nerven gar nichts zu thun. Es sind einfache Gefäßbündel, die einer Verdickung nicht fähig sind, wohl aber eine oft ausgiebige mechanische Verstärkung besitzen.

Die Hauptstränge sind besonders stark und dienen außer zur Leitung noch zur Aussteifung des Blattes, ähnlich wie die Drähte den Regenschirm aussteifen. Die feineren Stränge

Digitized by Google

dienen dagegen nur zur Leitung; sie bilden daher ein sehr enges Netz, um den Stätten, aus denen Stoffe abgeleitet werden sollen, recht nahe zu sein. Diese finden sich in dem übrigen Blattgewebe. Dasselbe ist ein mehr oder weniger lockeres Parenchym, das sich durch starken Gehalt an Blattgrün auszeichnet. Gewöhnlich lassen sich in diesem Grundgewebe zwei verschiedene Schichten unterscheiden: unter der Oberhaut der Oberseite liegen auf sie senkrecht gestreckte Zellen (Palisadenzellen); an diese schließen sich, je mehreren entsprechend, hin und wieder trichterförmige Sammelzellen an und an diese ein weite Intercellularräume bildendes lockeres Schwammparenchym, welches der unteren Oberhaut mit den Spaltöffnungen anliegt. Die Palisadenzellen sind in erster Linie Assimilationszellen; ihre langgestreckte Form, senkrecht zur Blattoberfläche, gestattet den Lichtstrahlen möglichst ungehinderten Zutritt, was für den Assimilationsvorgang wichtig ist.

Daß dieser nur in allgemeinen Umrissen skizzierte Bau des Blattes auch wieder Spielraum für mannigfache Abweichungen läßt, liegt auf der Hand, ist doch die außerordentliche Verschiedenheit in der Ausbildung der äußeren Blattform stets mit anatomischen Besonderheiten verknüpft.

Selbstredend wird die Wurzel als Achsenorgan im anatomischen Bau dem Sproßstamm näher stehen als das Blatt, allein sie zeigt doch eine grundsätzliche Verschiedenheit. Diese beruht darauf, daß der Gefäßbündelkörper wenigstens bei dünneren Wurzeln ganz zentral in dem Grundgewebe liegt, so daß also kein Mark übrig bleibt; vor allem aber auch darauf, daß die Gefäß- und Siebröhrenteile nicht radial hinter einander, sondern tangential neben einander liegen, so daß also zwei benachbarte Gefäßteile den Siebröhrenteil zwischen

sich nehmen. Dabei liegen auch die zuerst entstandenen engen und dickwandigen Gefäße nach außen, die weiteren nach innen. Die Anzahl dieser primären Gefäßstränge ist für die Wurzel kennzeichnend. Die dritte Eigenart der Wurzel besteht darin, daß dieser Gefäßbündelcylinder von einer einfachen Schicht dünnwandiger Zellen, dem Perikambium, umgeben ist und daß an diese sich nach außen eine oft aus starkwandigen Zellen gebildete Strangscheide anschließt, durch welche der achsiale Cylinder nach außen wasserdicht abgeschlossen ist. Dieser ganze zentral gelegene Cylinder nun ist von einer oft mächtigen Rindenschicht umgeben; nach außen endlich liegt eine Oberhaut, welche aber keine Spaltöffnungen enthält, da dieselben ja hier, in der Erde, unnötig sind.

Die Wurzeln können aber auch ein Dickenwachstum besitzen. Da Gefäß- und Siebröhrenteil hier anders als im Stamm liegen, muß es hier auch anders eingeleitet werden. Die vom Siebröhrenteil nach innen und vom Gefäßteil nach außen zu liegenden Zellen beginnen kambiale Teilungen. Dadurch entsteht ein wellenförmig verlaufendes Kambium, welches nach außen Bast, nach innen Holz erzeugt; allein dabei gleicht sich der Verlauf des Kambiums allmählich aus und wird mehr und mehr kreisförmig, so daß oft schließlich kaum ein Unterschied zwischen Stamm und Wurzel zu erkennen ist. Bei manchen kultivierten Wurzeln hingegen beruht die Verdickung nicht auf Holzbildung, sondern auf Vermehrung des Parenchyms, das eine mächtige Ausdehnung erfährt und zur Aufnahme einer außerordentlichen Menge von Zellsaft dient. Dies ist der Fall bei manchen Kohlarten, bei der Mohrrübe und Runkelrübe.

Fragen wir uns noch, was für ein Zweck durch die Verschiedenheit des anatomischen Baus von Stengel und Wurzel

Digitized by Google

verfolgt wird, so finden wir ihn vor allem in der mechanischen Leistung beider. Es ist ein mechanisches Gesetz, daß man bei Vorrichtungen, welche Biegungsfestigkeit besitzen sollen, die mechanisch wirksamen Teile peripherisch anbringt, weil die Teile im Zentrum unwirksam, also unnötig sind; andererseits beansprucht eine Vorrichtung, die Zugfestigkeit besitzen soll, eine Zusammenziehung der mechanischen Elemente nach innen, nach der Achse zu. Nun muß der Stengel, der aufrecht steht, wie leicht einzusehen ist, in erster Linie biegungsfest gebaut sein; daher bilden auch seine mechanisch wirksamen Zellen einen Hohlcylinder. Dagegen muß die im Erdboden sich befestigende Wurzel zugfest gebaut sein; daher besitzt sie einen achsial gelegenen, mechanisch kräftigen Cylinder. Ebenso bedürfen oberirdische Achsen, die einem starken Zug nach unten Widerstand zu leisten haben, einer zentripetalen (d. h. dem Mittelpunkt des Querschnitts zustrebenden) Anordnung ihrer mechanischen Zellen; eine solche weisen z. B. die Stiele abwärts gerichteter Früchte auf.

Digitized by Google

II. Die äußeren Organe der Pflanze.

1. Arbeitsleistung und Arbeitswerkzeug.

Erhaltung des eignen Lebens und Erhaltung der Art, das sind die beiden Hauptziele des Pflanzenlebens. Alle Arbeit, welche die Pflanze verrichtet, zielt auf das eine oder andere hin. Eine „Arbeit“ ist es thatsächlich, und die Leistungen der Pflanzen sind oft derart, daß sie die Arbeit manches Menschen beschämen.

In der harten Schale des Kirschkerns, z. B., ruht ein kleiner Keimling, aus dem der Kirschbaum hervorgeht. Willst du ihn aus seinem freiwilligen Gefängnis befreien, so mußt du eine ganz besondere Gewalt anwenden. Deine schwachen Finger genügen nicht, um diese kleine Arbeit, einen Kirschkern zu öffnen, zu leisten, aber am Ende deine Zähne? — Du wirst dich vielleicht auch vergebens bemühen. Es bleibt dir nichts anders übrig als fremde Hilfe herbeizuholen und einen schweren Hammer zu schwingen. Dann bringst du diese Arbeit zu stande.

Und nun der kleine schwache Keimling in dem Samen! Darf er es wagen, sich mit deinen stolzen Kräften zu messen? — Lege ihn in die Erde, laß Feuchtigkeit und Frühlingsluft auf ihn einwirken, und siehe da, mit Leichtigkeit sprengt er sein Gehäuse und tritt wie ein Held daraus hervor!

Digitized by Google

Da wird es wohl klar, daß hierbei eine Arbeit geleistet wird. Eine Arbeit, und zwar eine sehr bedeutungsvolle, ist es aber auch, wenn die Pflanze im Frühling ihre Blätter entfaltet, wenn sie Wasser durch die Wurzel aufzieht, Kohlensäure der Luft entnimmt, und wenn sie beides zu Stärke verarbeitet.

Arbeit verlangt aber Werkzeuge, Organe. Wollen wir eine Arbeit verrichten oder auch nur verstehen, so müssen wir die Werkzeuge, welche zu ihrer Verrichtung nötig sind, kennen und verstehen. Wir werden daher nun einen Blick auf die äußeren Organe der Pflanze werfen, dabei aber stets auf das Leben der Pflanze zurückgehen und den Anteil erforschen, den die verschiedenen Organe an der Gesamtlebensthätigkeit der Pflanze haben. Mit andern Worten: wir werden nach dem Zweck der Organe forschen, denn nur im Licht des Lebens selbst läßt sich ein Werkzeug des Lebens verstehen.

Einem Irrtum ist hier aber von vornherein zu begegnen. Des Naturforschers Hauptinteresse liegt darin, die Kausalität, d. h. Ursächlichkeit der Naturerscheinungen, aufzudecken; er wird also auch nach der Ursache fragen, derzufolge die Pflanzenorgane gerade diese ihnen eigentümliche Ausbildung erlangt haben. Diese Frage ist eine ganz andere als die nach dem Zweck eines Organs. Wenn wir also z. B. auch wissen, daß der Kork den Zweck hat, die Wasserverdunstung aus dem älteren Pflanzenstamm zu verhindern, so ist damit doch nicht die Ursache der Korkbildung erklärt. Darüber müssen wir uns stets klar bleiben, zumal da man heute gar zu gern sich mit der teleologischen (zwecksetzenden) Erklärungsweise begnügt und oft genug glaubt, damit eine ursächliche, kausale, Erklärung geliefert zu haben.

Digitized by Google

Die Organe der Pflanze nach deren Lebensaufgaben einzuteilen, wie wir es bei den Tieren thun können, geht nicht gut an, und zwar deshalb, weil die Organe der Pflanze nicht wie die des Tieres einen einheitlichen Charakter haben, sondern viel mehr als die des Tieres zu gleicher Zeit mehreren Zwecken dienen; man müßte sie demnach vom physiologischen Gesichtspunkt aus mehrmals behandeln. Wir wählen daher zur Einteilung lieber einen rein morphologischen Gesichtspunkt.

Ein gutes Einteilungsprinzip wäre es, wenn man die Achsenorgane den Anhangsorganen gegenüberstellte; gebräuchlicher ist es aber, Wurzel und Sproß zu unterscheiden; diese Einteilung wollen auch wir wählen. Der Sproß selbst kann vegetativ sein, d. h. der Ernährung dienen, oder sexuell, d. h. der Fortpflanzung dienen. An dem Sproß unterscheidet man als wichtigste Anhangsgebilde die Blätter, so daß man auch wohl von Wurzel, Sproßachse und Blatt als den drei Hauptorganen reden kann.

Wir haben schon darauf hingewiesen, daß die Abgrenzung der Organe in Bezug auf ihr Arbeitsfeld keine scharfe ist, was sich auch darin offenbart, daß ein Organ imstande ist, das eigene Arbeitsfeld unter Umständen vollständig zu verlassen und anderen Zwecken zu dienen. Es sind dann immer bestimmte äußere Verhältnisse, welche mitwirken. Jedenfalls aber können wir für jedes Organ eine den normalen Verhältnissen entsprechende Form auffinden, von der wir passender Weise ausgehen und die wir als die typische (ständige) Form bezeichnen wollen. Hat das Organ aber, durch irgend welche äußere Verhältnisse veranlaßt, seine eigentliche Arbeit aufgegeben, um eine andere zu leisten, so wollen wir eine derartige Form metamorphosiert (umgestaltet) nennen. Bei derartigen metamorphosierten Organen hat jedoch nicht etwa ein

Digitized by Google

Rückgang der Lebensthätigkeit stattgefunden. Liegt aber ein solcher vor, so spricht man von reduzierten (verkümmerten Formen. Endlich ist noch darauf hinzuweisen, daß die Pflanzen eine aufsteigende Leiter der Vollkommenheit aufweisen und daß dabei naturgemäß auch die Organe einen niedrigeren und höheren Grad der Vollkommenheit erkennen lassen. Da man sich nun berechtigt glaubt, für die gesamte Lebewelt eine Entwicklung anzunehmen, so faßt man jene niederen Formen als zurückgebliebene, rudimentäre auf.

In seiner typischen Form besitzt das Blatt eine flache Spreite (und einen Stiel) mit einem grünen Blattgewebe und zahlreichen Gefäßbündelsträngen; ein derartiges Blatt dient der Ernährung und Wasserverdunstung. Es können aber Umstände eintreten, denen zufolge diese Aufgabe zurücktritt, ohne daß die Lebenssphäre der Pflanze selbst sich erniedrigt; dann können die Blätter ganz oder teilweise andere Arbeiten übernehmen; so können zu Ranken metamorphosierte Blätter dazu beitragen, einen schwachen Stamm aufrecht zu halten. Als ein Niedergang des Lebens wird es aber betrachtet, wenn die Pflanze den Stand ihrer köstlichen Freiheit, der ihr die selbstständige Ernährung mittelst Wasser und Kohlensäure erlaubt, verläßt, sich sklavisch anderen Wesen beigesellt und von deren Arbeitsertrag zehrt, d. h. wenn sie zum Schmarotzer wird; denn die Schmarotzer gewöhnen sich mehr und mehr an ein dolce far niente, und dies ist stets in der Natur mit einem Rückgang der gesamten Organisation verbunden. Derartige Schmarotzerpflanzen verlieren das anderen Pflanzen so kostbare Blattgrün, und ihre Blätter schrumpfen mehr oder weniger zu kleinen Schuppen zusammen, denen man den stolzen Namen Blatt füglich nicht mehr geben kann. Das ist dann eine reduzierte Form. Ist endlich das Blatt einer niedrigeren

Pflanze noch gar einfach gebaut, weil es seinem genügsamen Besitzer nur kleine, einfache Dienste zu leisten hat, wie z. B. beim Moos, wo es oft aus nur einer einfachen Zellfläche besteht, so nennt man es rudimentär.

Aus alle dem geht nun hervor, daß es oft mit Schwierigkeiten verbunden sein wird, aus der fertigen Gestalt eines Organs seine wahre Bedeutung abzulesen. Da bietet sich nun ein gutes Hifsmittel in der entwicklungsgeschichtlichen Methode dar. Wie die Pflanze sich aus kleinem Anfang entwickelt, so auch jedes Organ an ihr. Verfolgt man nun die Entwicklung eines fraglichen Organs, so erhält man oft bemerkenswerte Aufschlüsse, die das fertige Organ verweigert. Da somit die Entwicklungsgeschichte zum Verständnis der Gestaltkunde (Morphologie) außerordentlich viel beiträgt, so wollen wir diese durch ein allgemeines Bild der Entwicklungsgeschichte einleiten.

2. Die Entwicklung der Pflanzenorgane.

Die ganze Pflanze, und wäre es auch der mächtigste Eichbaum, entsteht aus einer einzigen kleinen Zelle. Durch vielfache Teilungen geht aus dieser Zelle ein Zellkörper hervor und aus ihm durch Hervorwachsen bestimmter Partieen die Anlage der ersten Organe, die sich dann ihrerseits auf ähnliche Weise durch fortdauernde Teilung ihrer Zellen und dadurch bewirktes Wachstum weiterhin ausbilden und nach und nach die ihnen eigene Form erhalten. Bei der Entfaltung eines derartigen Organs ist dann gewöhnlich nur noch eine Streckung und Ausdehnung dessen, was vorhanden ist, nötig, um es zu vollenden. Im Prinzip ist es nicht nur bei der ersten Anlage eines jungen Pflänzleins so, sondern auch bei der Entstehung neuer Pflanzteile an der schon erwachsenen Pflanze. Ihr Bildungsort ist unter normalen

Digitized by Google

Verhältnissen entweder der Gipfel der Pflanze und ihrer Seitenäste oder der Winkel des Blattes. Sie führen im allgemeinen den Namen „Knospe", besonders aber dann, wenn bei einer Unterbrechung der Vegetationsperiode das Leben sich hierhin gewissermaßen zum Schlummer zurückzieht, um beim Beginn der neuen Periode von hier aus wieder zu erwachen. Andererseits wächst auch die Pflanze an ihrem Gipfel mehr oder weniger andauernd fort, und zwar sowohl am Sproß als auch an der Wurzel.

Der äußerste Gipfel der Knospe, der sogenannte Vegetationskegel, ist eine gewölbte Kuppe von zarten, teilungsfähigen Zellen (Meristem), in welchen das geheimnisvolle Leben wie sonst an wenig Stellen des Pflanzenkörpers pulsiert. Hier entstehen die neuen Seitenorgane der Achse, also in erster Linie die Blätter als kleine Zellhöcker, Hervorwölbungen, die mehr und mehr Kapuzenform annehmen und dadurch den Vegetationskegel schützend umgeben. Je mehr man sich von dem Gipfel der Knospe entfernt, um so weiter ist die Ausbildung der Blätter vorgeschritten. Die ältesten dienen, durch mannigfache anderweitige Vorkehrungen unterstützt, schon wirksam zum Schutz der Knospe; daß diese, die ja die Hoffnung der ganzen Pflanze darstellt, eines Schutzes bedarf, liegt auf der Hand.

Das in der Erde fortwachsende Achsenende, also die Spitze der Wurzel, bietet ein wesentlich anderes Bild. Die Wurzelspitze bedarf nämlich eines ganz besonderen Schutzes, um nicht verletzt zu werden, wenn sie zwischen den Erdteilchen hindurchwachsend ihren Weg durch den Boden sucht. Die eigentliche Vegetationsspitze ist daher hier, wie der Finger vom Fingerhut, von einer Kappe, der sogenannten Wurzelhaube, umgeben,

Digitized by Google

deren Zellen sich ebenfalls von dem Vegetationskegel aus erneuern. Der zweite wesentliche Unterschied besteht darin, daß sich an der Wurzel die Seitenorgane nicht durch Hervorwölben oberflächlich gelegener Zellen und Zellenmassen bilden. Es giebt ja natürlich auch Seitenwurzeln, allein diese entstehen stets nicht oberflächlich, sondern im Innern an der Außenseite des Gefäßbündelcylinders; sie müssen also die mehr oder weniger mächtige Rinde der Wurzel erst durchbrechen.

3. Die Wurzel.

Wir betrachten als Wurzel dasjenige Organ oder System von Organen, welches in die Unterlage (für gewöhnlich der Erdboden) hineinwächst und nicht nur die übrige Pflanze darin festhält, sondern auch aus ihr den einen Teil der Nahrung, nämlich Wasser mit darin gelösten Nährsalzen, zieht.

Schon der Same besitzt ein „Würzelchen", d. h. ein kleines Zäpfchen, das bei der Keimung zur Wurzel auswächst. Es hat das sonderbare Bestreben, der Richtung der Schwerkraft folgend, senkrecht nach unten zu wachsen. Bald beginnt es Seitenwurzeln zu treiben, die ihrerseits dasselbe thun, freilich in mehr schiefer Richtung, so daß allgemach ein reiches Netz von Wurzeln den Erdboden durchzieht. Selbstverständlich geschieht dies nach dem Bedürfnis der Pflanze; je größer und schwerer diese wird, desto größer ist die Arbeit, welche die Wurzel leisten muß, um die Pflanze, z. B. dem Zug des Windes entgegen, im Boden festzuhalten. Bei Pflanzen mit verholzendem oberirdischen Sproß findet gewöhnlich auch eine Verholzung der unterirdischen Teile der stärksten Wurzeln statt. Die Aufgabe derartiger Wurzeln besteht natürlich lediglich im Festhalten der Pflanze im Boden und im Leiten des Wassers. Manche Pflanzen erreichen diesen Zweck, indem sie eine

Digitized by Google

kräftige Hauptwurzel, die man dann Pfahlwurzel (Fig. 6, a) nennt, ohne bemerkenswerte Nebenwurzeln, tief in die Erde senden (z. B. die Möhre und andere Doldenpflanzen). Andere hingegen bilden ihre Hauptwurzel weniger stark aus und senden statt dessen von ihr aus allseitig kräftige Nebenwurzeln aus, durch welche sie festgehalten werden, ähnlich wie die Taue den Mast festhalten. Wird die Hauptwurzel sehr stark, so spricht man von rübenförmiger Wurzel (z. B. kultivierte Möhre, Fig. 6, c).

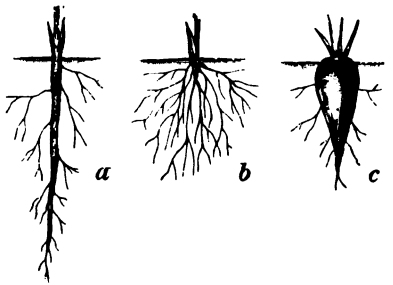

Fig. 6.
Wurzelformen.
a Pfahlwurzel, b Faserwurzel, c Rübenwurzel.

Es ist aber gar nicht selten, daß das Würzelchen des Samens sein Wachstum sehr bald einstellt; dann fehlt von vornherein eine Hauptwurzel, und an deren Stelle wachsen am Wurzelende büschelförmig Nebenwurzeln hervor, die nun die Arbeit der Hauptwurzel übernehmen. Man spricht in diesem Fall von Faserwurzeln (Fig. 6, b), z. B. bei den Gräsern.

Eine zweite Aufgabe der Wurzeln ist die, das Wasser aus dem Boden aufzusaugen. Zu dem Zweck besitzen sie Saughaare, d. h. lange, einzellige Schläuche, Ausstülpungen der Wurzelepidermis, welche in den Boden eindringen und mit den Bodenteilchen geradezu verwachsen, um die Feuchtigkeit des Bodens wirksamer aufsaugen zu können. Junge Wurzeln sind daher wie mit einem Pelz von Erde bedeckt,

Digitized by Google

die an den Wurzelhaaren hängt. Diese Wurzelsaughaare stehen aber nicht überall an den Wurzeln, sondern nur in einer bestimmten Region hinter der fortwachsenden Spitze. In dem Maße als die Wurzelspitze weiterwächst, wachsen an ihr auch neue Wurzelhaare hervor und sterben die älteren von hinten her ab. Dadurch werden die wasseraufsaugenden Teile der Wurzeln immer weiter in die Erde hineingeschoben, kommen an immer neue Stellen des Bodens und können denselben besser ausnutzen. Die Menge der Blätter entspricht derjenigen der Wurzelhaare; denn je mehr die Laubblätter Wasser verdunsten, um so mehr muß wieder für Wasseraufnahme gesorgt werden. Ebenso muß eine der aufgenommenen Kohlensäure entsprechende Menge von Wasser aufgenommen werden, damit beide für die Ernährung verwendet werden können.

Das Gesagte steht im engen Zusammenhang mit jener Eigenschaft der Wurzeln, welche man als Geotropismus, Streben nach der Erde hin, bezeichnet. Die Hauptwurzel hat nämlich das Bestreben, senkrecht in die Erde zu wachsen, ein Bestreben, das die Wurzel eben befähigt, in ihre Unterlage einzudringen, und das man auf verschiedene Reizwirkungen zurückzuführen hat. Die Schwerkraft zieht die Wurzel nach unten, das Licht treibt sie von sich fort, und obendrein zieht Feuchtigkeit sie an. Etwas anders wirken diese Reize auf die Seitenwurzeln, insofern diese nicht senkrecht, sondern unter einem Winkel von der Hauptwurzel ab wachsen.

Die Metamorphose, welche die typische Wurzel erfahren kann, ist keine sehr weitgehende. Es läßt sich denken, daß sie dann besonders eintreten wird, wenn die Umgebung der Wurzel eine veränderte ist. Es giebt an vielen Pflanzen Luftwurzeln, welche zunächst den Zweck haben, die Pflanze zu

stützen, sei es dadurch, daß sie sich der Unterlage eng anschmiegen und sich an ihr festsaugen (Epheu), oder daß sie von größerer Höhe zum Erdboden herabwachsen und, wenn sie diesen erreicht haben, als Stützen dienen (Pandanen, Mangrovebaum). Andere Luftwurzeln wachsen, entgegen der Sitte ihrer Schwestern, statt in die Erde aus ihr heraus in die Luft hinein. Sie dienen als Atmungsorgane, welche für die Pflanzen Luft schöpfen. Auch dieses merkwürdige Verhalten findet man an einigen Pflanzen der Mangrovevegetation.

Bei manchen Palmen sind die Seitenwurzeln zu Schutzorganen geworden, indem sie sich in Dornen umwandelten.

Am merkwürdigsten ist es aber doch, daß es Pflanzen giebt, bei denen die Wurzeln geradezu die Arbeit der Blätter übernehmen, indem sie bandförmig glatt sind, reichlich Blattgrün enthalten und dem entsprechend die eigentliche Ernährung besorgen.

Wasserpflanzen zeigen oft eine starke Metamorphose der Wurzel. Das ganze Wurzelsystem kann ja hier naturgemäß vereinfacht sein; ja manchmal ist es auf nur eine einzige Wurzel beschränkt, wie bei der allbekannten Teichlinse. Bei einer Pflanze, Jussieua, wandelt sich ein Teil der Wurzeln in Schwimmorgane um, indem sie ein schwammiges, an Luft reiches Gewebe aufweisen, was die Pflanze leichter macht und im Wasser emporhebt.

Die reduzierten Wurzeln der Schmarotzer haben zwar dieselbe Doppelaufgabe wie diejenigen der selbständigen Pflanzen, allein sie weisen doch eine gänzlich veränderte Form auf, weil sie diese Aufgabe auf einer ganz anders gearteten Unterlage zu erledigen haben. Es sind gewöhnlich kurze, senkerförmige Fortsätze, welche in den Körper des Wirts eindringen, die Pflanze hier festhalten und gleichzeitig die Säfte des Wirts aufsaugen, wie man das z. B. deutlich an der

überall vorkommenden Mistel sieht, wenn man das Stück, welches der Wirtpflanze aufsitzt, genauer untersucht. Bei andern Schmarotzern geht die Reduktion noch weiter, ja schließlich ist die ganze Wurzel nur eine Saugscheibe. Man nennt derartige Saugorgane Haustorien.

Die niedrigeren Pflanzen haben auch einfachere rudimentäre Wurzeln, gewöhnlich Wurzelhaare, die der Oberhaut des Vegetationskörpers unmittelbar entspringen, die aber nach Zweck und Arbeit ganz den Wurzeln der höheren Pflanzen entsprechen (so die Moose und Flechten). Es kann übrigens, wie bei Schimmelpilzen, vorkommen, daß hierbei die reiche Verzweigung des Wurzelsystems höherer Pflanzen von einer einzelnen Zelle geradezu nachgeahmt wird.

4. Die Sproßachse (Stengel, Stamm).

Wir verstehen unter Sproß denjenigen Teil der Pflanze, welcher sich über die Unterlage erhebt und Blätter und Blüten trägt. Es ist angebracht, die Achse, die Blätter und Blüten für sich gesondert zu betrachten.

Die Aufgabe der typischen Achse prägt sich namentlich im inneren Bau derselben aus. Als Träger anderer Organe hat sie das Bestreben, sich und jene Anhangsorgane aufrecht zu halten, muß also unbedingt den mechanischen Gesetzen der Säulenfestigkeit und der Biegungsfestigkeit entsprechend gebaut sein (s. auch oben).

a) Baumechanik der Achse.

Das Prinzip eines Baumeisters ist bekanntlich, mit möglichst wenig Material möglichst viel zu erreichen. Bei ihrem Aufbau verfährt die Pflanze ebenso. Die Zellen, welche zur Herstellung des mechanischen Baugerüstes benützt werden, sind die Bastfasern, die Holzfasern und das Kollenchym. Um

Digitized by Google

in der Bautechnik einen Tragebalken biegungsfest zu machen, wird er an der Peripherie mit starken „Gurtungen" versehen; alles andere hat als Füllung mechanisch wenig Bedeutung. Den aus Gurtungen und Füllung gebildeten Balken nennt man einen Träger. Solche Träger finden wir nun auch in der Sproßachse der Pflanzen und, da die Pflanze doch allseitig biegungsfest sein soll, müssen die Träger der Sproßachse auch allseitig, d. h. im Kreis, verteilt sein. Je zwei durch einen Querschnittsdurchmesser verbundene Gurtungen, d. h. Bastfaserbündel, stellen einen Träger dar. Die Füllungen werden von den anderen Teilen der Gefäßbündel und von dem Grundgewebe gebildet. So bilden z. B. in Fig. 5a je zwei gegenüberliegende Bündel einen Träger. In manchen Fällen erfahren dann derartige einfache, im Kreis gestellte Träger noch Verstärkungen durch mechanische Elemente, seien es Bündel von isolierten Bastfasern oder von Kollenchym. In einem andern Fall schließen sich die einfachen Träger seitlich zu einer cylindrischen Röhre zusammen, an die sich dann die Leitbündel innen oder außen anlegen. Auch hier können Verstärkungen eintreten, die oft die cylindrische Baströhre direkt mit der Epidermis verbinden.

Ein dritter Haupttypus entsteht, wenn die einzelnen Gefäßbündel für sich (nicht zwei sich auf einem Durchmesser gegenüberliegende Bündel) Träger darstellen, indem sie auf beiden Seiten Gurtungen besitzen; es kommt das besonders bei den Monokotylen vor. Oft finden sich dabei mehrere Kreise von konzentrischen Trägern. Zuweilen erfahren sie eine besondere Verstärkung durch eine cylindrische Röhre.

Hüten, wir uns indes, lediglich den besprochenen Bauverhältnissen mechanische Bedeutung zuzusprechen. Wenn man einer sonst aufrechtstehenden krautigen Pflanze die Oberhaut abzieht, so verliert sie bedeutend an Biegungsfestigkeit, und

wenn man sie unverletzt aus dem Boden nimmt und auch nur kurze Zeit an der Luft liegen läßt, so wird sie, wie man sagt, welk, d. h. nichts anderes als, sie verliert ihre Biegungsfestigkeit und erschlafft in ihren Geweben. Daraus geht unzweifelhaft hervor, daß die Biegungsfestigkeit das Produkt mehrerer Faktoren ist: es kommt zu der inneren Baumechanik der Sproßachse noch hinzu die Spannung, welche von der elastischen Oberhaut ausgeübt wird und die Spannung der mit Wasser gefüllten Zellen (Turgor).

Im Vorstehenden ist jedoch nur der einen Aufgabe gedacht, welche die Sproßachse zu erfüllen hat, nämlich die Pflanze aufrecht zu erhalten. Daneben soll sie auch für die Zuleitung der Nährstoffe und die Ableitung der Baustoffe Leitungsbahnen herstellen. Wir wissen schon, daß hierfür wiederum die Gefäßbündel von besonderer Bedeutung sind, weshalb man ihnen auch den passenden, wenn auch etwas einseitigen Namen Leitbündel erteilt hat. Es ist ja schon darauf hingewiesen worden, daß dieselben allerhand Zellen und Röhren enthalten, welche wässerige und eiweißartige Stoffe leiten.

b) Ausbildung der Achse nach der Lebensdauer.

Die Sproßachse hat in der ersten Lebenszeit der jungen Pflanze stets einen krautigen Charakter. Bei kurzlebigen Arten behält sie diesen auch stets bei, ebenso oft bei solchen, welche mit ihren oberirdischen Teilen bei Abschluß der Vegetationsperiode absterben. Bei solchen Pflanzen hingegen, welche eine längere Lebensdauer haben, nimmt die Achse, um den Winter überstehen zu können, eine holzige Beschaffenheit an, die wiederum mit den oben berührten anatomischen Veränderungen zusammenhängt und sich äußerlich in Kork- und Borkenbildungen offenbart.

Digitized by Google

Man ist gewohnt, nach der mit der Lebensdauer zusammenhängenden Beschaffenheit der Sproßachsen die Pflanzen als Kräuter, Stauden und Holzpflanzen zu bezeichnen. Die Kräuter sind einjährig, wenn sie ihr Leben in einer Vegetationsperiode abspielen, zweijährig, wenn ein Teil des Sprosses samt den Wurzeln den Winter überdauert und im nächsten Jahr erst das Leben beschließt. Unter Stauden versteht man hingegen mehrjährige Pflanzen, welche mit unterirdischen Organen überwintern, ihre oberirdischen, krautigen Teile jedoch im Winter abwerfen. Bleiben die oberirdischen Teile auch während des Winters, so sind sie gewöhnlich holzig, und man nennt die Pflanzen dann Holzpflanzen. Behalten sie ihr Laub jahraus jahrein, so sind sie immergrün; verlieren sie es im Herbst, so heißen sie sommergrün (laubwechselnd).

c) Gliederung und Verzweigung der Achse.

Die Sproßachse trägt die Blätter, an deren Ansatzstellen sie mehr oder weniger zu einem Knoten verdickt ist. Von ihm aus zweigen in die Blätter gewisse Gefäßbündel ab, um dieselben mit den Hauptleitungsbahnen der Achse in Verbindung zu setzen. Durch diese Knoten wird die Sproßachse in einzelne Abschnitte geteilt, die man Internodien nennt. Die Blattachsel ist, abgesehen von der fortwachsenden Endknospe, der Ort der Neubildung am Sproß. Hier in der Blattachsel entstehen Knospen und aus ihnen Seitenachsen höherer Ordnung, wodurch die Verzweigung eingeleitet wird.

Die normalen Seitensprosse sind stets an die Achsel eines Blattes gebunden. Es giebt aber auch sog. Adventivsprosse, welche überall an der Pflanze auftreten können. So entstehen z. B. am Stamm der Pappeln und Weiden derartige Adventiv-

Digitized by Google

sprosse, wenn sie der Krone beraubt sind; das in dem Stamm noch vorhandene Uebermaß von Kraft treibt dieselben gewissermaßen zur Erneuerung; da aber der Ort ihrer gesetzmäßigen Entstehung, d. h. die Blattachsel, nicht mehr vorhanden ist, so suchen sie einen Weg, wo sie ihn finden. Oft entstehen solche Adventivsprosse übrigens aus sog. schlafenden Knospen (s. unten). Auch die Blattstecklinge der Begonien sind nichts andres als derartige Adventivsprosse. Bemerkenswert sind auch die sogenannten „reparativen Wurzelsprosse," welche beim Löwenzahn, Gänsefingerkraut u. a. an den Wurzeln entstehen, wenn die oberirdischen Teile gewaltsam zerstört worden sind.

Die Verzweigungsverhältnisse sind äußerst mannigfach; wir können hier demnach nur allgemeine Richtlinien der dabei wirksamen Gesetze aufstellen. Es handelt sich dabei um das Verhältnis der Ausbildung von Haupt- und Nebenachsen. In dieser Beziehung kann zunächst eine grundsätzliche Verschiedenheit darin beruhen, daß die Hauptachse entweder an ihrem Ende ihr Wachstum einstellt, so daß Nebenachsen an ihre Stelle treten, oder daß sie weiter wächst und die Nebenachsen hinter ihr im Wachstum zurückbleiben. Im ersten Falle ist die Verzweigung eine *Dichotomie* (Gabelung), im zweiten ein Monopodium. Das *Monopodium* nennt man *racemös*, wenn die Nebensprosse in ihrer Entwicklung stets hinter ihrem jedesmaligen Hauptsproß zurückbleiben, so daß dieser sofort erkenntlich ist; dagegen heißt es *cymös*, wenn die Nebensprosse ihre Hauptsprosse, sowohl was Entwicklung als Verzweigung anbelangt, bald überholen.

Die Verzweigungsverhältnisse treten mit besonderer Deutlichkeit und Mannigfaltigkeit in den Achsen der Blütenregion, d. h. in den sog. Blütenständen, auf (Fig. 7). *Racemöse* Verzweigungen sind hier wieder entweder *ährenartig*, wenn

die Seitenachsen, ohne sich zu verzweigen, sofort Blüten tragen, oder *rispenartig*, wenn die Seitenachsen sich weiter verzweigen. Wenn bei der ährenartigen Verzweigung die Hauptachse verlängert ist und die Blüten ohne Stil sitzen, so spricht man von einer *Aehre* (Wegerich); sind die Blüten langgestielt, so ist es eine *Traube* (Reseda). Sind bei ährenartiger Verzweigung und kurzer Hauptachse die Blüten ungestielt, so ist der Blütenstand ein *Köpfchen* (Klee) oder *Körbchen* (Kamille), dagegen eine *Dolde* (Schirling), wenn er unter denselben Verhältnissen langgestielte Blüten besitzt. Auch die rispenartige Verzweigung läßt mancherlei Abänderungen zu.

Bei der cymösen Verzweigung der Blütenstandachsen richtet sich die Verschiedenheit nach der Zahl der unter der Endblüte, die den Hauptsproß darstellt, entstehenden Seitenblüten. Ist es nur einer, so entsteht eine *Scheinachse*; wenn sich die Seitensprosse nur nach einer Seite entwickeln, so nennt man den Blütenstand *Schraubel* (Vergißmeinnicht); wenn sie sich abwechselnd nach zwei Seiten entwickeln, so ist der Blütenstand ein *Wickel* (Johanniskraut).

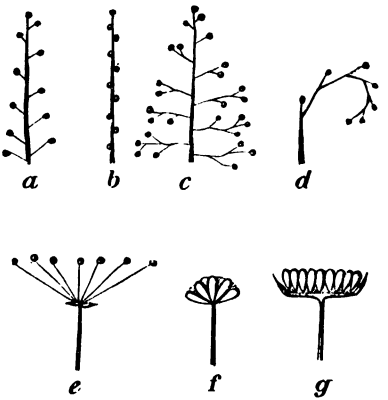

Fig. 7.
Schemata der Blütenstände.
a Traube, b Aehre, c Rispe, d Schraubel, e Dolde, f Köpfchen, g Körbchen.

Wenn mehrere gleichartige Seitensprosse vorhanden sind, so kann man von einer Scheinachse nicht reden; sind diese Seitensprosse nach Zahl und Länge unbestimmt, so ist es eine Spirre (Binse); sind dagegen die an Zahl geringen Seitensprosse gleich lang, so ist es eine cymöse Dolde (Wolfsmilch); sind es endlich nur zwei, so ist es ein Dichasium (Nelke).

d) Der Knospenstamm.

Der jugendliche Sproß des Keimpflänzchens hat eine sehr gekürzte Achse, welche einerseits direkt in das Würzelchen übergeht, andererseits zwei besondere Blätter, die Keimblätter, und zwischen diesen ein kleines Knöspchen trägt, die sogenannte Plumula. Diese erste Sproßachse der Pflanze heißt das hypokotyle Stengelglied. Durch seine Streckung wird die junge Keimpflanze aus der Samenhülle herausgeschoben und das erste Blattpaar dem Licht entgegengetragen. Dieser Vorgang, die Keimung, zeigt mannigfache Verschiedenheiten.

Die andere Jugendform der Sprosse, nämlich der Seitenachsen, ist die Knospe. Auch sie ist eine stark verkürzte Achse, aber es sitzen an ihr zahlreiche Blätter, welche, je weiter nach innen, desto unausgebildeter und mannigfach gefaltet sind. Nach außen wird dies ganze Gebilde von besonderen Blättern umhüllt, deren wir später noch gedenken werden. Die Knospen sind Organe, welche die Pflanze nach einer Unterbrechung der Vegetation, wie sie in Wüsten und Steppen durch Trockenheit und bei uns durch Kälte hervorgerufen wird, erneuern sollen, und daher auch eine Eigentümlichkeit der betreffenden Klimate.

Es sei hier noch zweier andern Knospenarten gedacht, nämlich der Brutknospen mancher Pflanzen, welche sich von dem Muttersproß loslösen und eine neue Pflanze bilden, und

ferner der sog. schlafenden Knospen. Dieselben entstehen wie andere normale Knospen in den Achseln der Blätter; allein sie verschwinden, indem sie nicht zur Entwicklung kommen und von der Rinde des Baumes überwallt werden. Sie behalten aber doch noch als eine verborgene Reserve ihre Entwicklungsfähigkeit, und wenn einmal die Krone des betreffenden Baumes fortgenommen wird, so daß der Baum alle seine normal angelegten Knospen verliert, so brechen sie, die Schläfer, aus der Verborgenheit hervor und suchen noch einmal die Existenz des Baumes zu retten. Es liegt auf der Hand, daß diese aus „schlafenden Knospen" hervorgegangenen Sprosse oft mit Adventivsprossen verwechselt werden können.

5. Das Blatt.

a) Teile des Blattes.

Das Blatt ist das wesentlichste Organ der Sproßachse, da es als wichtiges Ernährungsorgan zur Erhaltung des Individuums dient, was nun doch einmal bei dem berechtigten Egoismus in der Natur die Hauptsache ist. Das Blatt hat seiner Bedeutung als Ernährungsorgan zufolge einen hierauf eingerichteten anatomischen Bau, dessen wir oben schon zur Genüge gedachten. Aeußerlich zeigt es drei Haupt-

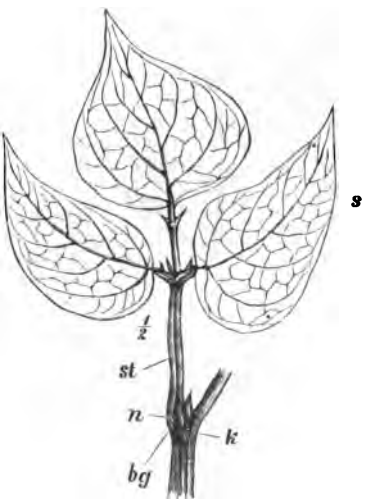

Fig. 8.
Phaseolus multiflorus, Bohne, Blatt, 1/2.
s Spreite (dreiteilig), st Blattstiel, bg Blattgrund, n Nebenblätter, k Knoten der Achse.

Digitized by Google

teile: den Blattgrund, d. h. den Teil, mit welchem es an der Sproßachse sitzt, den Blattstiel und die Spreite (Fig. 8). Zu dem Blattgrund gehören die sogenannten Nebenblattbildungen, d. h. gesonderte, blattartige Bildungen, die neben dem Blattstiel auftreten. Wenn der ganze Blattgrund eine den Stengel umfassende Erweiterung erfährt, so nennt man dies eine Scheide; sie dient zum Schutz der Knospen oder, wie bei den Gräsern, zum Schutz und Aufrechterhalten eines schwachen Stengels. Mehr blattartige Gebilde des

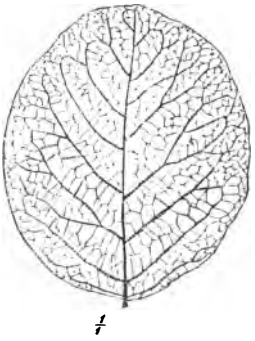

Fig. 9.
Blatt von Symphoricarpus racemosus, Schneebeere.

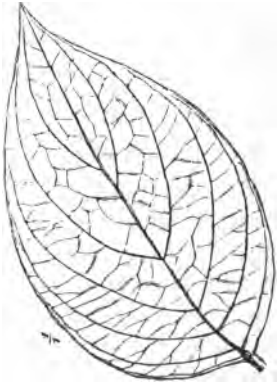

Fig. 10.
Blatt von Viburnum spec, Schneeball.

Blattgrundes heißen Nebenblätter (Stipulae). Sie können, wie beim Stiefmütterchen und bei der Erbse, eine größere Ausdehnung gewinnen, ja sogar die fehlende Blattspreite wirksam vertreten; andererseits können sie zum Schutz der Knospe dienen und daher nach deren Entfaltung abfallen, oder endlich können sie überhaupt ganz fehlen.

Der Blattstiel soll das Blatt tragen und es in die

günstige Lage, d. h. in Licht und Luft befördern; seine Ausbildung hängt daher ganz besonders von den Umständen ab. Er ist kurz, wenn die Blätter auch ohne ihn Licht und Luft genug bekommen, lang, wenn die Pflanze in einem dichten Gewirr von ihresgleichen und anderen Bürgern des Pflanzenstaates lebt, so daß jedes Blatt sich anstrengen muß, damit es zu seinem Rechte kommt. Er kann einen verschiedenartigen Querschnitt besitzen. Hat er auf der Oberseite eine Furche,

Fig. 11. Blatt von Atriplex latifolia

Fig. 12. Blatt von Nereum Oleander.

Fig. 13. Blatt von Convallaria majalis Maiblume.

so ist dies gewissermaßen die Dachrinne, welche den Regen von der Blattfläche aus zum Stengel und an diesem hinunter zur Erde leitet. Vorkehrungen am Stengel wie Rinnen, Haarleisten, flügelartige Vorsprünge und Leisten unterstützen diese Arbeit des Blattstiels.

Die Blattfläche oder Spreite (Lamina) besteht aus einem grünen Flächengewebe, das von einem reichen Netz von Gefäßbündeln durchzogen ist, s. unten. Die Blattform ist einer großen Mannigfaltigkeit unterworfen. Da sprechen

wir von runden (Fig. 9), eiförmigen (Fig. 14), elliptischen (Fig. 10), herzförmigen (Fig. 15), nierenförmigen, pfeil- und spießförmigen, dreieckigen (Fig. 11), lanzettlichen (Fig. 12) und linealen Blättern. Vollständig einfach und ungeteilt ist die Blattfläche selten, sie zeigt zum wenigsten einige Einschnitte am Rand. Sind hierbei Zähne und Einschnitte spitz, so heißt der Rand gesägt (Rose) (Fig. 18 und 15); sind die Zähne

Fig. 14.
Blatt von Mercurialis annua, Bingelkraut.

Fig. 15.
Blatt von Vitis vulpina, Fuchswein.

spitz, die Einschnitte abgerundet, so ist das Blatt gezähnt (Löwenzahn Fig. 17); gekerbt (Gundelrebe Fig. 14) nennt man es, wenn die Zähne abgerundet, die Einschnitte dagegen spitz sind; buchtig endlich, wenn beide abgerundet sind (Eiche). Gehen die Einschnitte tiefer, so wird das sonst ganze Blatt lappig (Fig. 16) oder spaltig (Fig. 17) geteilt genannt, je nachdem die Teilung geringer oder größer ist. Entweder gehen dann die Teile von einer Stelle aus wie die Finger

Digitized by Google

von der Hand: fingerförmige Teilung (Fig. 17; die hier dargestellte Art der Teilung wird speziell fußförmig genannt); oder die Teile liegen seitlich an einer Hauptspindel, so wie die Fasern der Feder an ihrer Spule sitzen: federförmige Teilung.

Gehen die Einschnitte nun noch weiter, so daß sie selbstständige Abschnitte bilden, so heißt das Blatt zusammengesetzt, wobei man wieder das gefingerte Blatt von dem gefiederten (Fig. 17 u. 18) unterscheidet. Die Zusammensetzung kann sich mehrfach wiederholen (doppelt-, dreifach- u. s. w. gefiederte Blätter).

Fig. 16.
Blatt von Mina lobata.

Man könnte nach dem Zweck dieser Verschiedenheit in der Blattbildung fragen. Wir sind uns aber darüber noch nicht klar genug. Ein einfaches Blatt ist, zumal wenn es sonst nicht genügend dagegen geschützt ist, dem Zerreißen durch allerhand mechanische Einflüsse, wie Wind, Hagel und Regen, stark ausgesetzt. Man wäre fast versucht, bei einem zusammengesetzten Blatt zu sagen: die Natur habe hier das Zerreißen gesetzmäßig selbst besorgt, um dem unregelmäßigen Zerreißen durch äußere Einflüsse vorzubeugen.

b) Die Nervatur des Blattes

verfolgt einen doppelten Zweck. Sie stellt einmal die für das Blatt nötigen Leitungsbahnen her, und ferner bildet sie ein festes Gerüst, welches die Blattfläche ausgebreitet dem Licht

Digitized by Google

entgegenhält. Dem zweiten Zweck dienen vornehmlich die stärkeren Stränge; zwischen denselben findet sich aber ein äußerst feines Netz dünner Adern, die man oft erst bei durchscheinendem Licht sieht und die das Ernährungsgewebe derartig durchziehen, daß von ihm aus die Baustoffe allseitig auf dem kürzesten Weg in die Hauptverkehrswege des Pflanzenkörpers gelangen können.

Die Anordnung der Adern ist wiederum ein Gebiet von außerordentlicher Mannigfaltigkeit. Ihre Haupttypen entsprechen denen der Blattteilung. Richtiger wäre freilich, es

Fig. 17.
Blatt von Cyclanthera pedata.

Fig. 18.
Blatt von Rosa canina.
st Stengel, n Nebenblätter.

umgekehrt zu sagen; denn offenbar richtet sich die Blattteilung nach der Nervatur. Das Blatt hat entweder einen (Schneebeere Fig. 9) oder mehrere Hauptstränge (Maiblume Fig. 13). Durchzieht ein Hauptstrang das Blatt und zweigen sich von ihm die Seitenstränge ab, so ist das Blatt fiedernervig (Fig. 9—15); sondern sich dagegen die Seitenstränge sogleich an der Spreitenbasis

Digitized by Google

vom Hauptstrang ab, so daß sie von vornherein ziemlich gesondert bleiben, so ist das Blatt strahlen- oder handnervig (Fig. 16 und 17). Für den ersten Fall bietet das Blatt des Schneeballs, für den zweiten der Ahorn ein deutliches Beispiel. Bei beiden Typen sind wieder nach dem Verlauf der Seitenstränge vier Formen bemerkenswert: gehen diese Stränge am Blattrand in ein Netz feiner Adern über, so nennt man die Nervatur netzläufig (Schneebeere Fig. 9); enden sie dagegen in den Zähnen oder Einschnitten des Randes, so ist sie randläufig (Wein Fig. 15); wenden sie sich in einem Bogen zur Spitze hin, bogenläufig (Schneeball Fig. 10); legen sie sich an die folgende Ader an, so daß eine Schlinge entsteht, schlingenläufig (Kirsche, Melde Fig. 11).

Mehrere Hauptstränge finden sich besonders im Blatt der Monokotyledonen, wie z. B. der Gräser, Lilien und Maiblumen (Fig. 11), aber auch bei manchen Dikotyledonen, wie beim Wegerich. Nach dem Verlauf der Adern unterscheidet man leichtverständlich spitz-, krumm- und parallelläufige Nervatur.

Eine Untersuchung und Darstellung der Nervatur gehört zu jenen Gebieten, die sich für den Laien besonders eignen und ihm viel Befriedigung gewähren. Abgesehen von dem einfachen Pressen der Blätter sei die Darstellung des Adernetzes in schwach mazerierten Blättern (man läßt sie eine Zeit lang im Wasser liegen und trocknet sie dann ab) durch Ausklopfen mittelst einer Bürste, die photographische Darstellung und der Naturselbstdruck erwähnt. Bei der photographischen Darstellung legt man das Blatt auf das bekannte lichtempfindliche Papier, spannt beide in einen Kopierrahmen und setzt denselben der Sonne aus, bis das Bild des Blattes etwas dunkler als gewünscht hervortritt; sodann wird das Papier

Digitized by Google

in einem sogenannten Tonfixierbad fixiert und getont, endlich ausgewaschen und getrocknet. Das Naturdruckverfahren besteht darin, daß man das Blatt mit seiner Unterseite auf fein verriebene Oelfarbe legt und dann als Klischee auf weißem Papier zum Drucken benutzt.

Die Bedeutung der Nervatur für die wissenschaftliche Botanik leuchtet vor allem ein, wenn man bedenkt, daß die Verteilung der Gefäßbündel im Blatt eine ganz auffallende Beständigkeit zeigt, so daß man also aus den Abdrücken der Blätter aus früheren Zeitaltern der Erdgeschichte auf die systematische Stellung der betreffenden Pflanzen schließen kann.

c) Die Stellung der Blätter an der Sproßachse

ist entweder eine spiralige oder eine bilaterale (zweiseitige). Im ersten Fall erhalten wir, wenn wir die Ansatzstellen der Blätter verbinden, eine um die Achse fortlaufende Spirallinie, im zweiten Fall stehen die Blätter der Art, daß man an der Achse eine Rücken- und Bauchseite unterscheiden kann. Diese beiden Formen finden wir übrigens auch sonst im Aufbau der lebenden Wesen. Die Blüte der Seerose ist spiralig gebaut, jedes Blatt ist bilateral; denn es hat eine Rücken- und Bauchseite (Ober- und Unterseite), sowie eine rechte und linke Seite. Bilaterale Anordnung der Blätter an der Achse tritt besonders an Pflanzen auf, die mit ihrer Achse auf der Unterlage hinkriechen. Die spiralige Anordnung der Blätter hat zur Aufstellung eines mehr oder weniger feststehenden Gesetzes geführt (Schimper und Braun). Die seitliche Entfernung zweier aufeinander folgenden Blätter (d. h. eigentlich ihre Horizontalprojektion), die sogenannte Divergenz, ist ein Bruchteil des Umfangs der Achse, und zwar ihrem Wert nach konstant; daher stehen die Blätter am Stengel in Reihen

Digitized by Google

übereinander (in sogenannten Orthostichen). Auch ist die Zahl der Blätter, welche zwischen zwei in derselben Höhe aufeinander folgenden Blättern stehen, eine bestimmte. Man bestreitet jedoch heute die absolute Geltung derartiger Gesetze. Mag dem sein, wie ihm wolle, jedenfalls hat auch die Blattstellung wieder ihre ganz bestimmten Zwecke. Durch die gesetzmäßige Anordnung der Blätter wird bewirkt, daß keines dem anderen im Wege steht, daß vielmehr jedes sein Bedürfnis nach Luft und Licht befriedigen kann. Beachtet man die Blattanordnung an einem Baum oder Strauch, so merkt man, daß sich thatsächlich die Blätter nicht gegenseitig hindern, daß sich das Licht auf alle Teile der Pflanze gleichmäßig verteilt.

d) Die Metamorphosenstufen des Blattes.

Wenn wir die Reihenfolge der Blattbildungen überblicken, welche sich sowohl im Leben der einzelnen Pflanze, als auch an der fertigen Pflanze, von unten nach oben betrachtet, vorfinden, so sehen wir eine Stufenfolge von Blattbildungen, nämlich:

1. Keimblätter. 2. Niederblätter. 3. Laubblätter. 4. Hochblätter. 5. Blütenblätter.

Wir haben schon gesehen, daß sich an den jungen Keimpflänzchen einige Blätter befinden, die man Keimlappen oder Kotyledonen nennt. Entweder finden sie sich in der Einzahl (Monokotyledonen) oder in der Zweizahl (Dikotyledonen), selten in noch größerer Zahl (Nadelhölzer). Sie sind entweder dick und fleischig (Bohne) oder dünn, blattartig (Buche). Entweder bleiben sie, wenn der Keimling seine Hülle verläßt und aus der Erde hervortritt, in der Erde zurück (Erbse), oder sie erheben sich auch über dieselbe empor (Bohne). Sie haben gewöhnlich eine vom Laubblatt ab-

Digitized by Google

weichende Form (z. B. fehlt fast stets der Stiel), können sich ihm aber auch nähern. Ihre Bedeutung ist eine ebenso einfache wie großartige.

Das zarte Keimpflänzchen ist gleich dem jungen Vogel (Nesthocker) ein gar hilfloses Wesen; es besitzt noch keine grünen Blätter und ist daher nicht imstande, sich selbst zu ernähren. Da giebt ihm nun die Mutterpflanze etwas mit, was ihm in der ersten Zeit als Nahrung dienen kann, bis seine kleinen Laubblättchen hinreichend erstarkt sind, um sich selbständig zu ernähren. Das sind die dicken, fleischigen Samenlappen, die in ihrem Zellengewebe reichlich Stärkemehl enthalten, von dem die junge Pflanze zehren kann; daher sind derartige Samen, wie Bohne und Erbse, auch für den Menschen wichtige Nahrungsmittel. Sind die Samenlappen mehr blattartig, so gehen sie aus der Erde hervor, ergrünen und arbeiten nun schon, bis die eigentlichen Laubblätter an ihre Stelle treten (Buche). Bei anderen Pflanzen enthält der Same ein besonders Nährgewebe (Sameneiweiß). Die Rolle der Samenlappen ist dann oft eine ganz veränderte, indem sie als Organe dienen, mit denen das Stärkemehl u. s. w. aufgesaugt wird (Gräser und Palmen).

Die Niederblätter sind entweder Blattgebilde, welche an unterirdischen Sproßachsen sitzen (von ihnen wird weiter unten die Rede sein), oder sie leiten oberirdisch einen neuen Sproß ein, d. h. sie dienen der Knospe als Schutz und haben dann die Form einfacher Schuppen. Nichtsdestoweniger ist ihr grundsätzlicher Zusammenhang mit den gewöhnlichen Laubblättern ein ganz deutlicher, wie man aus der Entwicklungsgeschichte erkennt. Die Blattanlage, das sogenannte Primordialblatt, besteht nämlich aus Blattgrund und Oberblatt; aus jenem entstehen die Blattgrund-(Nebenblatt-)Bil-

Digitized by Google

dungen, aus diesem die Blattspreite und, wenn vorhanden, der Blattstiel. Die Anlage der Niederblätter ist nun der des Laubblattes ganz gleich; die spätere Verschiedenheit beruht nur darauf, daß das Oberblatt sich nicht weiter entwickelt und nur der Blattgrund sich ausbildet, was dann aber auch nicht über die Bildung schuppenartiger Blätter hinausgeht. Die Niederblätter sind daher nichts anderes als in ihrer Entwicklung gehemmte Blätter typischer Art. Daß dies thatsächlich der Fall ist, geht daraus hervor, daß man oft an der Spitze der ausgebildeten Niederblätter kleine, reduzierte Blattspreiten findet, welche man unter Umständen sogar zur Weiterentwicklung zwingen kann.

Die Laubblätter sind oben schon gekennzeichnet. Hier sei nur noch hinzugefügt, daß die Ausbildung derselben an der Pflanze von unten nach oben eine verschiedenartige sein kann. Nicht immer haben die ersten Blätter nach den Keimblättern die für jede Pflanzenart kennzeichnende Form, was sich besonders bei Pflanzen mit zusammengesetzten Blättern zeigt. Dieselben sind dann gewöhnlich zuerst einfach und erreichen erst allmählich jene typische Gestalt (Primärblätter). Es ist dies der einfachste Fall der sogenannten Heterophyllie (Wechsel der Blattform). Der Fieberbaum (Eucalyptus) trägt in seiner ersten Lebensperiode an vierkantigen Zweigen sich gegenüberstehende ovale Blätter, welche sich senkrecht zu den Sonnenstrahlen stellen; in einer späteren Lebensperiode besitzt er dagegen rundliche Zweige, an denen sichelförmige Blätter einzeln oder senkrecht stehen. — Besonders Wasserpflanzen zeigen Heterophyllie. So besitzt z. B. der Wasserhahnenfuß untergetauchte Blätter, die fein zerteilt sind, und Schwimmblätter, die mit ihrer wenig gelappten Blattfläche auf der Oberfläche des Wassers liegen.

Digitized by Google

Die Laubblätter nehmen oft nach obenhin in Bezug auf Größe und sonstige Ausbildung ab und gehen in die Hochblätter über. Es sind dies den Niederblättern ähnliche Blattbildungen, welche gleich diesen in der Entwicklung gehemmt sind. Sie finden sich als kleine, unscheinbare, schuppenförmige Blätter in der Blütenregion (Figur 29), und ihr Zweck ist dann schwer einzusehen. Oft dagegen zeigen sie auch eine eigenartige Ausbildung, sind groß und bunt gefärbt und unterstützen die Arbeit der Blüte.

Den Gipfel des Sprosses und den Abschluß der Blattbildungen stellt die Blüte dar; dieselbe ist eine Vereinigung von Blattorganen, welche ihrer ganz besonderen Bedeutung halber besonders behandelt werden müssen.

Aus dem Vorstehenden geht hervor, daß die Blattgestalt von unten nach oben eine Aenderung erfährt, was mit dem Ausdruck Metamorphose bezeichnet wird. Das Wort ist hier natürlich in anderem Sinne als bei den Tieren, z. B. den Amphibien oder den Insekten, zu verstehen; denn es ist hier nicht wie dort ein und dasselbe Gebilde, welches eine Umwandlung erfährt.

6. Die Verschiedenheit der Sproßformen.

Der Charakter des Sprosses hängt wesentlich von der Blattgestalt ab. Daher wollen wir die verschiedenen Sproßformen jetzt besprechen, nachdem wir Achse und Anhangsgebilde kennen gelernt haben.

a) Normale Sproßformen.

Der normale Sproß hat einen Geotropismus, welcher dem der Wurzel entgegengesetzt ist, d. h. er wächst nicht senkrecht in die Erde, sondern senkrecht aus ihr heraus. Dieses

Digitized by Google

Streben, welches wiederum den Zweck hat, die Blätter und Blüten dem Licht und der Luft entgegenzutragen, wird unterstützt durch den mechanisch wirksamen Bau der Achse. Allein derselbe ist nicht immer derart, daß er zur Aufrechterhaltung des Sprosses genügt. In diesem Fall muß der Sproß entweder andere Stützen suchen, was wir noch erörtern werden, oder er verzichtet auf die senkrechte Erhebung in die Luft. Das hängt natürlich auch wieder von der Beschaffenheit der Umgebung ab; denn wenn die Pflanze in dem dichten Gewirr der Heckenflora oder im Waldgestrüpp auf die senkrechte Stellung verzichten wollte, so wäre dies gleichbedeutend mit Untergang und Tod, weil ihr dann andre Pflanzen soviel Licht und Luft entziehen würden, daß für sie nicht genug übrig bliebe. Ist dagegen die Umgebung frei von höher gewachsenen Pflanzen, sodaß Licht und Luft ungehinderten Zutritt haben, so hat die Pflanze gar nicht das Bedürfnis, aufrecht zu stehen. Daher sehen wir denn auch auf freien Sandplätzen, auf Wegen und an anderen Orten eine Menge kleiner Pflänzchen gedeihen, welche sich dem Boden eng anschmiegen und sich dabei offenbar ganz wohl fühlen. Es ist bemerkenswert, daß dieselbe Pflanzenart ihr Verhalten demgemäß ändern kann (ein Beispiel dafür s. unten).

Derartige kriechende Sprosse können aber noch eine besondere Bedeutung erlangen. Es giebt nämlich Pflanzen, welche von ihrem Hauptkörper aus seitlich Sprosse mit langen dünnen Achsen treiben. Dieselben kriechen weit über den Boden hin und unterscheiden sich von dem Hauptsproß zunächst auch dadurch, daß sie nur kleine, schuppenförmige Blättchen, d. h. also Niederblätter, tragen. Allein bald entwickelt sich aus der vorgeschobenen Endknospe eine junge Pflanze mit normalen Blättern; sie treibt Wurzeln und wird endlich selbständig.

Digitized by Google

Man nennt derartige Sprosse **Ausläufer** (Gundelrebe) (Fig. 19), und man sieht ein, daß diese der Vermehrung dienen, weshalb sie zu den „Vermehrungssprossen" gehören. Es ist dabei aber besonders bemerkenswert, daß die junge Pflanze durch die dünne, lange Sproßachse von der Mutterpflanze weit

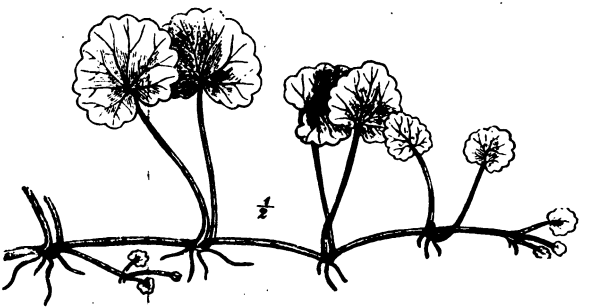

Fig. 19.
Glechoma hederacea, Gundelrebe,
Ausläufer, der sich an den Knoten bewurzelt; 1/2.

fortgeschoben wird, so daß sie in ein neues Erdreich kommt, wo sie einander gegenseitig nicht hindern. Die Pflanze besitzt dergestalt gewissermaßen ein Wanderungsvermögen, das für sie sehr vorteilhaft sein muß. Man beobachtet dieses Verhalten vielfach bei Pflanzen, die ihre Samen nicht recht zur Reife bringen, sowie bei Hecken-, Schutt- und Mauerpflanzen. Letztere suchen durch Vorstrecken der Ausläufer für ihre Tochterpflanzen über die Steine hin in dem zwischen denselben angehäuften Erdreich geeigneten Platz zur Weiterentwicklung. Als Beispiele für derartige Pflanzen seien genannt: kriechendes Fingerkraut und Habichtskraut, Erdbeere, auch kriechender Günsel u. a. m. Aehnliche, aber unterirdisch fortwandernde Vermehrungssprosse besitzen ebenfalls viele Pflanzen, z. B. Gräser, Riedgräser und Schachtelhalme.

Digitized by Google

Eine besonders wichtige Sproßform ist der Wurzelstock oder das Rhizom (Maiglöckchen). Man versteht darunter einen Sproß, der ebenfalls seinen Geotropismus eingebüßt hat (bezw. einen Geotropismus hat, der ihn zwingt, wagerecht zu wachsen), überhaupt nicht mehr Licht und Luft aufsucht, sondern wagerecht unter der Erde hinkriecht. Der Wurzelstock gehört zu den Ueberwinterungsorganen derjenigen Pflanzen, welche ihre oberirdischen Teile im Herbst abwerfen. Er ist grau, weiß oder braun und besitzt bleich gefärbte Niederblätter. Will er im Frühjahr die Pflanze erneuern, so muß er selbstredend auch Knospen besitzen, da die Vermehrung stets von diesen ausgeht; und da der junge, aus der Knospe sich entwickelnde Sproß zunächst zur eignen selbständigen Ernährung nicht befähigt ist, so muß das Rhizom auch Reservestoffe enthalten, durch welche es die jungen Triebe ernährt. Indem das Rhizom an seinem Ende weiterwächst und hier neue Triebe bildet, bringt es diese, ebenso wie der Ausläufer seine Knospe, in immer neue Gebiete des mütterlichen Erdbodens, so daß die Pflanze auch stets eine genügende Menge von Nährsalzen vorfindet.

b) Metamorphosierte Sproßformen.

Bei vielen Sprossen ist eine derartige Veränderung in Bau und Zweck eingetreten, daß wir sie zu den metamorphosierten rechnen müssen.

Zu den Ueberwinterungsorganen der Stauden gehören noch zwei andere Sproßformen, nämlich Knolle und Zwiebel. Beide müssen drei bestimmte Eigenschaften haben: sie müssen so gebaut sein, daß sie die Frostzeit überdauern können; sie müssen ferner Knospen zur Erneuerung der Pflanze und endlich Reservestoffe zu deren Ernährung besitzen. Was den ersten

Digitized by Google

Punkt anbelangt, so sind diese Organe allerdings manchmal gerade recht empfindlich gegen Frost; dafür liegen sie ja aber in der Erde und werden durch diese und den darüber gelagerten wohlthätigen Schnee geschützt. Die Reservestoffe bestehen vor allem in Stärkemehl, das sich in einem ausgedehnten parenchymatischen Zellgewebe vorfindet, welches auf Kosten des Stranggewebes entstanden ist. Auch an Wasser sind diese Organe reich.

Sind die beiden Sproßformen Zwiebel und Knolle demnach biologisch ganz gleichwertig, so liegt ihre Verschiedenheit in der morphologischen Ausbildung. Bei der **Knolle** ist nämlich die Achse sehr stark ausgebildet, während die Blätter reduziert sind, und bei der **Zwiebel** ist umgekehrt die Achse reduziert, während die Blätter stark ausgebildet sind. Als typische, allbekannte Knolle sei die der Kartoffel angeführt. Sie stellt unregelmäßige rundliche Massen dar, welche aus einem weißen Fleisch, dem stärke- und wasserhaltigen Parenchymgewebe, und einer braunen Rinde bestehen. Die Kartoffelknolle zeigt kleine grubige Vertiefungen, über denselben kleine Schuppen und in ihnen kleine Knospen, die man Augen nennt. Die Schuppen sind die Blätter; sie, sowie die Knospen, sind ein Beweis für die Sproßnatur der Knolle. — Als Beispiel einer Zwiebel gedenken wir der Küchenzwiebel. Dieselbe besteht aus einer verbreiterten, aber sehr gekürzten Achse, dem sogenannten Zwiebelkuchen, an dem sich die Blätter finden; diese sind in großer Zahl vorhanden und nach innen zu stark verdickt. Die äußeren sind mehr haut- und schalenförmig, und man hat sie geradeso wie die Schuppen der Knolle als Niederblätter zu betrachten.

Eine Erscheinung, welche auf eine ganz besondere Art der Sproßmetamorphose führt, ist die sogenannte **Sukkulenz**. Wenn Pflanzen in Gegenden leben, welche fortwährend oder

Digitized by Google

zeitweilig sehr trocken sind, so müssen sie Vorrichtungen besitzen, welche sie vor dem Vertrocknen schützen. Die Gefahr des Vertrocknens liegt nun nicht nur im Mangel an Wasser, sondern auch in einer zu starken Wasserabgabe. Gegen den Mangel an Wasser schützt sich die Pflanze durch Herrichtung von Wasserspeichern, welche aus einem bedeutenden, großzelligen Parenchymgewebe (Wassergewebe) bestehen. Es hat dies nämlich eine starke Verdickung der betreffenden Organe zur Folge, und das ist es, was man mit Sukkulenz bezeichnet. Die Organe der Wasserabgabe sind die Blätter. Wollen sich die Pflanzen vor dem Vertrocknen schützen, so müssen sie also ihre Blattbildung reduzieren, d. h. die Oberfläche ihrer Blätter verkleinern oder wenigstens ihre Blätter mit wenig Spaltöffnungen versehen. Es giebt auch viele Pflanzen, welche ihre Blätter reduzieren, ohne für Wasserspeicher zu sorgen, so z. B. der Spargel, bei dem die Blätter kleine Schuppen sind, während die nadelartigen Organe Zweiglein darstellen (Fig. 20).

Fig. 20.
Asparagus officinalis, Spargel Zweigstück.
b. Blätter (schuppig) z. Zweige in den Blattachsen; natürliche Größe.

Die Wasserspeicher sind entweder Achsenteile oder Blätter. Darnach erhalten diese sukkulenten (verdickten) Sprosse ein ganz verschiedenes Aussehen; entweder ist die Achse stark verdickt, dann sind die Blätter verkümmert, was schließlich zum völligen Verschwinden führen kann; oder die Blätter sind stark verdickt, dann ist die Achse gewöhnlich verkümmert.

Digitized by Google

Zu dem ersten Typus von Sukkulenz gehören die sonderbaren Gesellen der amerikanischen Wüsten- und Steppenflora aus der Familie der Kakteen (Fig. 21).

Die Ausbildung der Sproßachse bei den Kakteen ist eine außerordentlich mannigfaltige; hier stellen sie hohe Säulen und Kandelaber dar, dort dicke, tonnenartige Gebilde, hier platte, fugelige, dort mit vielen Warzen übersäte Massen. Dabei sind sie sehr oft mit Stacheln gespickt, die häufig eine beträchtliche Größe erreichen und dem Beschauer als drohende Wehr entgegenstarren. Das sind sie auch thatsächlich, und die Pflanze hat sie sehr nötig; denn da sie in Wüsten und Steppen wächst und in ihrem Gewebe eine reiche Quelle von Wasser birgt, so wäre sie oft den Angriffen durstiger Tiere aus ihrer Umgebung ausgesetzt, wenn diese nicht die Stacheln scheuten. Bemerkt sei noch, daß diese verdickten Sproßachsen fast immer grün sind und daher in beschränktem Maße die Ernährungsthätigkeit der geschwundenen Blätter übernehmen.

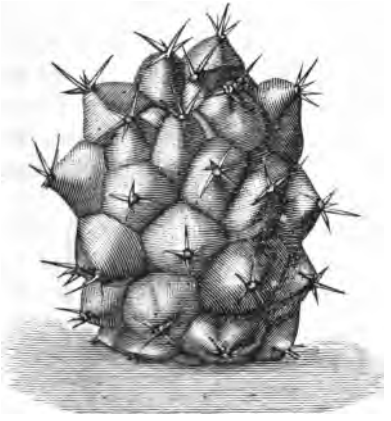

Fig. 21.
Mammilaria centricirrha Kakteensproß mit verdickter Achse und reduzierten Blättern; natürliche Größe.

Dies führt uns auf eine weitere Form der Sproßmetamorphose. Sind die Blätter reduziert, so kann die Pflanze

Digitized by Google

damit oft des Guten doch zuviel gethan haben, indem sie sich nun nicht genügend ernähren kann. Es wird ihr dann auf die sonderbare Weise geholfen, daß die Sproßachse selbst nicht nur Thätigkeit, sondern auch Form des Blattes annimmt. So finden wir bei manchen Kakteen, z. B. bei dem Feigenkaktus, auseinander hervorwachsende blattartige Sprosse, welche man also nicht etwa als Blätter anzusehen hat, wie gewöhnlich geschieht.

Man nennt derartige blattartige Sprosse Kladodien. Pflanzen mit solchen finden sich auch in unseren Breiten auf sandigen, trockenen Standorten. So giebt es z. B. Ginsterarten, bei denen die Blätter zurückgehen und der Stengel eine blattartige Verbreiterung erfährt. Dahin gehört auch die kleine Wasserlinse, die weite Flächen unserer stehenden Gewässer mit ihrem hoffnungsvollen Grün bedeckt. Ihr ganzer Sproß besteht aus einem blattähnlichen Gebilde und wird auch gewöhnlich als Blatt angesehen, ist es aber durchaus nicht; es sind vielmehr einzelne oder auseinander hervorsprossende Kladodien.

Bei der zweiten Form der Sukkulenz sind die Blätter stärker ausgebildet und zu Wasserspeichern geworden. Wir haben bei uns auch einige wenige Formen dieser Art aus der Familie der Krassulaceen oder Dickblätter: die Fetthenne, den Mauerpfeffer und den Hauslauch. Hierbei ist gewöhnlich die Sproßachse nicht verkürzt wie bei den Agaven Amerikas, welche in der wehrhaften Ausbildung von Spitze und Rand des Blattes einen guten Schutz für dieses besitzen.

Dem Schutz der Pflanze dienen oft ganz besonders metamorphosierte Sprosse, die sogenannten Dornen. An diesen ist die Blattbildung ebenfalls unterdrückt, so daß man höchstens noch ganz kleine Blättchen an ihnen sieht; die Sproß-

spitze stellt ihr Wachstum bald ein, und das Gewebe des ganzen Gebildes verhärtet sich durch Verholzung; so ist es z. B. bei unserm Weißdorn (Fig. 22) und bei der Schlehe. Allein nicht immer haben die Dornen einen derartigen Ursprung. Bei der Traganthpflanze sind es die Stiele abfallender Blätter, die sich zu Dornen entwickeln, und vielfach sind es sogar ganze Blätter oder Nebenblätter, welche in Dornen umgewandelt werden (Berberitze).

Fig. 22. Crataegus oxyacantha, Weißdorn, Dorn aus einem Zweig entstanden; natürliche Größe.

Die als Stacheln zu bezeichnenden Schutzorgane der Pflanze sind hingegen keine Sprosse, sondern Anhangsgebilde (Emergenzen s. unten), die sowohl an der Achse als auch am Blatt sitzen können und, ohne Zusammenhang mit den inneren Geweben, der Oberhaut als ihr angehörige Bildungen nur aufsitzen, sich von ihr daher auch gewöhnlich leicht ablösen lassen. Die Schutzorgane der Rose sind nach dem Gesagten botanisch nicht, wie das Sprichwort sagt, Dornen, sondern Stacheln.

Endlich müssen wir noch einer Gruppe metamorphosierter Sprosse gedenken, das sind die Klettersprosse. Wir haben schon gesehen, daß die Sproßachsen nicht immer fähig sind, sich selbständig aufrecht zu erhalten. Wenn derartige Pflanzen, sagten wir, auf freien Standorten wachsen, so legen sie sich einfach der Unterlage an und haben dann doch Licht und Luft genug. Etwas anderes ist es dagegen, wenn sie in dem dichten Gewirr der Hecke, des Waldes, ja des Feldes leben; denn dann entspinnt sich ganz naturgemäß ein Kampf um Licht und Luft. Man kann dieses verschiedene Verhalten einer

und derselben Pflanze z. B. sehr gut in und an jedem Kornfeld beobachten. Zur Flora desselben gehört als ein fast ständiger Gast die Ackerwinde, ein kleines, schwachgebautes Pflänzchen. Auf dem Weg und am Rande des Kornfeldes findet es Licht, Luft und Platz genug; daher liegen seine Sprosse hier der Erde einfach an, auf ihr hinkriechend. Beobachten wir dagegen die zwischen dem Korn wachsenden Exemplare, so sehen wir, daß dieselben hier die benachbarten Halme als Stütze benutzen, um sich dem Licht entgegenzuschwingen.

Die Stütze, welche sich die Kletterpflanzen suchen, kann eine tote oder eine lebendige sein; sie benutzen aufrechtstehende Pfähle, Stengel benachbarter Pflanzen, Baumstämme, Mauern und Felswände und was der freundliche Mensch ihnen darreicht. Das Verhältnis zwischen den als Stütze dienenden Pflanzen und den Kletterpflanzen ist dann fast immer ein ganz harmloses, obwohl es nicht ausgeschlossen ist, daß die große Masse des Mieters sozusagen den Wirt erwürgt.

Die Organe, mit denen die Pflanze klettert, können sehr mannigfach sein. Oft ist es die Achse selbst, welche die Fähigkeit hat, sich um eine Stütze zu schlingen. Die fortwachsende Spitze derartiger „Schlingpflanzen“ hat das Bestreben, sich schraubenartig zu krümmen; sie sucht dabei gewissermaßen eine Stütze und legt sich, falls sie eine solche gefunden hat, um sie herum, und zwar ganz gesetzmäßig, entweder (meistens) nach links oder nach rechts. Findet sie keine Stütze, so macht die Spitze oft freie Windungen; auf die Dauer wird sie aber dabei in ihrer kräftigen Entwicklung gehemmt, da sie eben unbedingt der Stütze bedarf. Die Bohne windet links, der Hopfen rechts.

In anderen Fällen besitzt die Sproßachse Luftwurzeln,

mit welchen sie sich an der mehr oder weniger rauhen Unterlage anheftet (z. B. Epheu an Baumstämmen, Mauern und Felswänden). Auch sind es manchmal Haare, Haken und Stacheln der Oberhaut, deren sich die schwachen Sproßachsen bedienen, um sich an anderen Pflanzen festzuhalten (kletterndes Labkraut, Glaskraut Fig. 23).

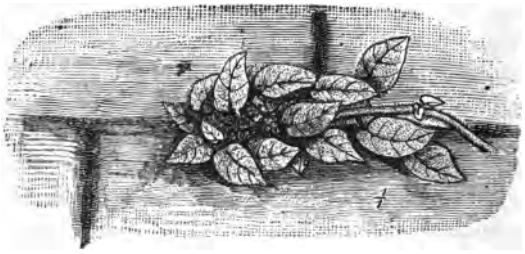

Fig. 23.
Parietaria diffusa, Glaskraut.
Stück eines Zweiges, der sich mit Haaren am Mauerwerk festhält.

Weniger einfach ist es hingegen, wenn der Sproß oder seine Teile zu besonderen Organen metamorphosiert sind, wie bei den sogenannten Rankenpflanzen. Im gewöhnlichen Leben nennt man fälschlich oft die Ausläufer, z. B. der Erdbeere, Ranken. In der Botanik versteht man unter Ranken dünne, fadenförmige Organe, welche gleich dem windenden Stengel die Fähigkeit haben, sich um eine Stütze herumzulegen. Zuweilen sind es ganze Seitensprosse, welche sich zu dünnen Ranken ausbilden, die oft gleichfalls verzweigt sind (Wein, Kürbispflanzen z. B. Zaunrübe, Fig. 24). Die Enden sind dann entweder windend oder zu Saugwarzen umgebildet. In anderen Fällen übernimmt der Blattstiel die Aufgabe, den Sproß an einer Stütze anzuheften (Kapuzinerkresse), oder es kann auch das Blatt oder ein Teil von ihm (z. B. das Neben-

Digitized by Google

blatt) zu einer Ranke umgebildet sein. Das findet sich besonders bei zusammengesetzten Blättern; es teilt sich dann die Arbeit derart, daß einige Teilblättchen die Ernährung besorgen, andere dagegen, nämlich die äußersten am Blatt, die Befestigung der Pflanze übernehmen (Erbse).

Die Blätter können ferner die Arbeit der Wurzeln leisten, wie es bei manchen Wasserpflanzen vorkommt, welche keine echte Wurzel besitzen. So findet z. B. bei dem Wasserfarn Salvinia (zu den Wurzelfrüchtlern gehörig) eine bemerkenswerte Arbeitsteilung statt, indem ein Teil der Blätter Ernährungs- und die anderen Schwimmorgane werden. Die Schwimmorgane entstehen, indem die Blätter, was auch sonst zuweilen vorkommt, ein Gewebe ausbilden, das Luftkammern enthält und deshalb spezifisch leichter als Wasser ist; der andere Teil der Blätter ist zu fein zerschlitzten, im Wasser untergetauchten Wurzelorganen geworden.

Ein ganz besonders anziehendes Gebiet der Blattmetamorphose bilden die „insektenfressenden Pflanzen", bei welchen die Blätter zu Fangapparaten umgebildet sind. Das einfachste Beispiel bietet der auch bei uns einheimische, auf Moor- und Sumpfboden wachsende Sonnentau (Drosera). Er hat gestielte, rundliche Blätter, welche mit langknopfigen Drüsenhaaren besetzt sind, die am Ende eine klebrige Absonderung tragen (Fig. 25 a). Wenn ein kleiner Körper, z. B. ein kleines Insekt, auf das Blatt gelangt, so beginnt eine stärkere Ausscheidung der Drüsenflüssigkeit; gleichzeitig legen sich die Haare über das Insekt hin, halten es fest und ersticken es, indem die klebrige Flüssigkeit die Ausgänge der Tracheeen verstopft. Es ist bemerkenswert, daß unorganische Körperchen, wie Sand und dergleichen, wohl eine Steigerung der Drüsenabsonderung, jedoch keine Bewegung der Haare be-

Digitized by Google

wirken. Das gemordete Tier wird nun von dem Pflanzenblatt geradezu verdaut, alles Brauchbare wird aufgelöst, und es bleibt nichts übrig als die unverdaulichen Teile des Chitinpanzers, die schließlich abfallen. Uebrigens ist hier wie auch bei den anderen insektenfressenden Pflanzen die Tierverdauung nur ein die normale Ernährung unterstützender Vorgang, da diese auch daneben stattfindet.

Fig. 24.
Bryonia dioica, Zaunrübe. Sproß mit Ranken, 1/2.

Bei dem auf sandigen Standorten mancher Mittelmeergegenden (Marokko, Portugal) lebenden Taublatt (Drosophyllum) ist das fadenförmige lineale Blatt ringsum mit klebrigen Drüsenhaaren besetzt, an welchen kleine Insekten hängen bleiben, wie an den als Fliegenfallen aufgestellten Leimruten. — Die Venusfliegenfalle (Dionaea) (Fig. 25 b) Nordamerikas besitzt umgewandelte Blattstiele, welche an Stelle des Blattes die regelrechte Ernährung besorgen, und eine in der Mittellinie zusammenklappbare Spreite, die am Rande Wimpern und auf der Fläche rote Drüsenhaare

trägt. Bei Berührung klappt die Spreite zusammen, die Wimpern schließen sich, und das berührende Tierchen ist dem Tode geweiht.

Eine zweite Gruppe von Tierfängern besitzt Blätter mit Höhlungen, in denen sich die Tiere fangen. Bei dem wurzellosen Wasserschlauch (Utricularia), der auch in unseren Gewässern vorkommt, sind die Blätter retortenartig aufgeblasen; an dem Eingang in die Höhlung befindet sich eine elastische Klappe, die wie ein Ventil nur einem von außen kommenden Druck nachgiebt; diese Oeffnung ist ferner von Borsten umgeben, sodaß das Ganze an jene kleinen Krebse, Daphnien, erinnert, welche in unseren Tümpeln und Teichen hausen. Auf der Innenwand des Gebildes finden sich Saugzellen. Wenn kleine Tiere in das Fangblatt eingedrungen sind, so kommen sie lebend nicht aus dem Gefängnis heraus, sie ersticken oder verhungern, und ihre Reste werden, wenn sie verwesen, aufgesogen, was übrigens keineswegs mit voller Bestimmtheit nachgewiesen ist.

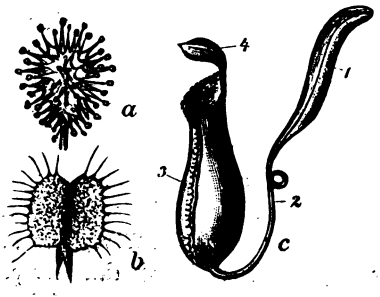

Fig. 25.
Blätter von insektenfressenden Pflanzen.
a Drosera, natürliche Größe; b Dionaea, verkleinert; c Nepenthes;
1 spreitenartiger Blattstiel, 2 Ranke, 3 Kanne, 4 Deckel; verkleinert.

Eine besondere Berücksichtigung und Teilnahme verdienen die Kannenpflanzen, Arten der Gattungen Sarracenia und Nepenthes. Sarracenia ist eine Sumpfpflanze Nord-

oſtamerikas. Ihre Blätter bilden ſonderbare ſchlauchförmige Gebilde, welche der Erde aufliegen und bogig nach oben ſteigen; an der Mündung findet ſich ein muſchelförmiger Spreitenteil. Der Schlauch beſitzt eine Leiſte, die Spreite zeigt Honigabſonderung, die Innenwand des Schlauches iſt glatt. Die Spreitenmuſchel fängt das Regenwaſſer auf, daß ſich in dem Schlauch in großer Menge anſammelt. Kleine Gliedertiere laſſen ſich nun in großer Zahl verlocken, auf jener Leiſte zu den Honigdrüſen emporzuſteigen; jedoch dort angelangt, fallen ſie hinunter und ſind unrettbar verloren; denn an dem nach oben verengten Schlauch kommen ſie nicht wieder herauf, und in dem Waſſer werden ſie bald ertrinken und verweſen; vielleicht ſcheidet der Schlauch auch eine Flüſſigkeit ab, welche dies beſchleunigt. Die Menge der in einem ſolchen Schlauch gefangenen Tiere ſoll oft eine ſehr große ſein. — Die Mordgier iſt bei einigen Arten mit faſt verwerflich zu nennender Liſt verbunden: ſo ſondern einige auch an der Schlauchleiſte Honig ab, andere beſitzen an der Spreite bunte Farben außer den Honigdrüſen und locken ſo mit allen zu Gebote ſtehenden Mitteln die unglücklichen Tiere in ſicheres Verderben.

Die Fangwerkzeuge der Nepenthes (Fig. 25 c) ſind denen von Sarracenia ähnlich. Dieſe Pflanzen der tropiſchen Sumpfvegetation im Urwald klettern oft lianenartig an Bäumen empor. Ihr Blatt zeigt eine lehrreiche Arbeitsleiſtung; denn es iſt Ernährungs-, Kletter- und Fangorgan zu gleicher Zeit: der untere Teil (Blattſtiel) iſt ſpreitenartig, dann folgt eine Ranke (zweiter Teil des Blattſtiels), ferner eine Kanne (die manche auch noch für einen Teil des Blattſtiels halten) und endlich ein blattartiger Deckel (die Spreite). Auf der Kanne finden ſich trügeriſche Wegweiſer, und auch hier locken bunte Farben die vertrauensſeligen Tierlein heran, die zwar am

Digitized by Google

Rand der Mördergrube noch mit süßem Honigseim abgespeist werden, nach dieser Henkersmahlzeit aber gemeiniglich an dem glatten Rand ausgleiten und dann als verlorene Leute in die Tiefe hinabstürzen.

c) Reduzierte Sproßformen.

Bei den reduzierten Organen handelt es sich besonders um Schmarotzer. Das Gebiet derselben bietet einige von den wenigen Beispielen, bei denen man von einer durch die veränderte Lebensweise verursachten feststehenden Abänderung weitgehender Art sprechen kann. Zu verwundern ist das nicht; denn thatsächlich bedeutet doch der Eintritt in die parasitäre Lebensweise geradezu eine Umkehr der Pflanzennatur. Die Pflanze unterscheidet sich gerade dadurch vom Tier, daß sie sich selbständig durch die ihr von der unorganischen Natur dargebotenen Stoffe ernährt; wenn sie nun diese Art der Ernährungsweise verläßt, so muß sich damit notwendig eine bedeutsame Organisationsverschiebung verbinden.

Die parasitäre Lebensweise zeigt die verschiedensten Stufen. Es giebt Parasiten, bei denen die altherkömmliche Mode der Pflanzen-Ernährung noch zum guten Teil beibehalten ist, die aber doch schon zum Schmarotzertum hinneigen und dann kaum eine Verkümmerung (Reduktion) der Achsen- und Blattorgane zeigen. Da derartige Parasiten ihren Wirten fast nur Wasser und etwa noch Salze entziehen, so betrifft die Reduktion nur die Wurzel. So ist es bei der oben besprochenen Mistel, ferner bei anderen Pflanzen unserer Flora (z. B. Hahnenkamm), denen man das Schmarotzerwesen nicht ansieht.

Zu einer zweiten Gruppe gehört die Flachsseide (Cuscuta), eine Pflanze, welche andere Pflanzen (Flachs, Hanf, Brennnesseln, Klee, daher auch Kleewürmer oder Teufelszwirn ge-

Digitized by Google

nannt) umwindet und keine Erdwurzeln besitzt. Dagegen saugt sie sich mit Luftwurzeln, die zu Saugorganen umgewandelt sind, an der Wirtpflanze fest und entwendet ihr nützliche Säfte; vor allem aber schadet sie derselben dadurch, daß sie, besonders wenn sie in großen Mengen vorkommt, dieselbe erstickt.

Bei der Flachsseide ist die Blattreduktion schon gründlich eingetreten; die Blätter sind nur noch kleine Schuppen, und die ganze Pflanze ist rötlich-gelb, nicht grün gefärbt. Noch mehr tritt das bei manchen Knabenkrautarten, ferner bei dem Fichtenspargel und der Orobanche ein, welche infolge des Mangels an Blattgrün und der dadurch erzeugten bleichen Beschaffenheit der pflanzlichen Ernährungsweise gänzlich den Rücken gewandt und das Schmarotzerleben angenommen haben. Diese Wesen sind übrigens nicht immer Mord- und Raubgesellen, sondern viele von ihnen leben von dem Moder und Humus des Waldbodens; andere dagegen suchen mit ihren Wurzeln diejenigen anderer Pflanzen auf und saugen ihnen die Lebenssäfte aus.

Bei vielen Schmarotzern der Tropen ist der Körper eine mehr oder weniger unförmliche Masse, welche höchstens kleine Schuppen als Blätter und eine unregelmäßige Masse als Wurzel trägt, die auf oder in dem Körper des Wirts sitzt und im übrigen fast nichts ist als eine große Blüte. Es ist sonderbar, daß diese Parasiten in ihren Blüten durchaus nicht reduziert sind; einige von ihnen haben sogar die größten Blüten, die es giebt, z. B. Rafflesia Arnoldi, deren Blüten im Knospenzustand großen Kohlköpfen gleichen, geöffnet einen Durchmesser von 1 m erreichen, aber einen höchst unangenehmen Leichengeruch verbreiten. Entdeckt wurde diese Wunderblume im Jahre 1818 auf Sumatra; sie auch anderswo nachzuweisen, ist noch nicht gelungen.

Digitized by Google

d) Rudimentäre Sproßformen.

Diese Sproßformen, die wir bisher betrachteten, sind diejenigen der höchsten Pflanzen, die man als Samenpflanzen bezeichnet. Unter den anderen, den sogenannten Sporenpflanzen (Kryptogamen), findet sich eine ganze Reihe von Sproßformen in aufsteigender Stufenleiter.

Wir können es immerhin noch als einen Sproß einfachster Form bezeichnen, wenn der ganze Pflanzenkörper von einer einfachen Zelle gebildet wird, wie bei manchen Algen und Pilzen. Hier ist eine Arbeitsteilung überhaupt noch nicht eingetreten; die Zelle ist ein und alles. Allein schon auf der Stufe des Einzellenlebens, wie man es nennen könnte, kann die Zelle ein bedeutsames Wachstum und eine verschiedene Ausbildung ihrer Enden erfahren: das untere Ende heftet sie der Unterlage an, ist also vom physiologischen Gesichtspunkte aus als Wurzel zu betrachten; das obere ist grün und wächst nach oben, entspricht also dem oberirdischen Sproß höherer Pflanzen. Dieser Fall findet sich wiederum bei Algen sowohl, als auch bei Pilzen, z. B. manchen Schimmelpilzen.

Die nächste Stufe der Sproßentwicklung, der Lagersproß, ist dann der vielzellige Körper, der wieder dieselben eben erörterten Unterstufen zeigen kann: einfache Körper ohne Arbeitsteilung und zusammengesetztere mit mehr oder weniger weitgehender Arbeitsteilung. Hierbei zeigt der Sproß, abgesehen von dem Geschlechtsapparat, der schon auf dieser Stufe eine bedeutende Rolle spielt, nur einen geringen Fortschritt in der Ausgestaltung, der sich vor allem in der Ausgliederung der Anhangsgebilde, d. h. der Blätter, offenbart. Diese finden sich erst bei den höchsten Algen, den Characeen; den Pilzen als Schmarotzern fehlen sie selbstverständlich.

Digitized by Google

Die folgende Stufe könnte man den Moosſproß nennen. Derſelbe iſt gekennzeichnet durch die Gliederung des Sproſſes in Achſe und Blatt. Allein zunächſt neigt der Sproß dabei doch noch dazu, die Blattbildung zurückzuhalten, wie es bei den Lebermooſen oft der Fall iſt. Da aber die Pflanze ein ausgeprägtes Bedürfnis nach pflanzlicher Ernährungsweiſe beſitzt, ſo bildet ſich die Achſe dabei bezeichnender Weiſe zu einem Flachſproß, einer Cladodie, aus, an welcher die Blättchen als Schuppen auf der Unterſeite ſitzen. Bei den höheren Mooſen zieht ſich die Achſe mehr ſtengelartig zuſammen und zeigt nun Blättchen einfachſter Art. Dieſen kleinen Pflanzen fehlen die Gefäßbündel, womit der Mangel an echten Wurzeln zuſammenhängt, die hier durch Wurzelhaare vertreten ſind.

Bei der nächſten Stufe, dem Farnſproß, erfahren Achſe und Blatt eine bedeutende Weiterentwicklung ſowohl in anatomiſcher als auch in morphologiſcher Hinſicht. Daher treffen wir denn hier auch ſchon auf Formen, die verſchiedenen phyſiologiſchen Zwecken dienen.

Noch weiter geht endlich die Sproßform der Samenpflanzen, auf deren Mannigfaltigkeit wir ja ſchon genügend eingegangen ſind.

7. Haarbildungen.

Nur kurz wollen wir noch jener Gebilde gedenken, welche anatomiſch eine einfache Ausgliederung der Oberhaut darſtellen und die man als Haarbildungen zuſammenfaſſen kann.

Sie können an allen Organen der Pflanze auftreten. An den Wurzeln ſind ſie nur in einer Art vorhanden, nämlich als Wurzelhaare, welche an den fortwachſenden Wurzelſpitzen als einzellige Schläuche entſtehen und aus der Erde das Waſſer aufſaugen.

Digitized by Google

Die Haarbildungen der Sproßachse und der Blätter dagegen sind gar mannigfach: hier sind es einfache Warzen, dort kurze oder lange Fäden; hier sind sie am Ende keulig verdickt, dort verzweigt und sternförmig; hier bilden sie einen rauhen Ueberzug der Blätter, dort einen dichten Wollfilz, der die Pflanze gegen Verdunstung und Wärmestrahlung schützt; hier sind es Spreuschuppen (Farne) dort Leimzotten, welche die Knospenhülle der Bäume durch ihre Gummiabsonderung vor Tieren und Feuchtigkeit schützen (Roßkastanie); hier sind es Drüsenhaare, dort Brennhaare; hier Fanghaare, dort solche, welche der Verdauung insektenfressender Pflanzen dienen.

Zu den Emergenzen, d. h. Gebilden der Oberhaut, an deren Bildung auch tiefere Gewebeschichten, nicht aber Gefäßbündel teilnehmen, gehören die Stacheln. Sie lassen sich dementsprechend leicht von dem Organ trennen, auf welchem sie sitzen, und dadurch leicht von den Dornen unterscheiden, was allerdings nicht für alle so vollständig zutrifft. Sie dienen, wie leicht erklärbar, dem Schutz der Pflanze gegen lebende Feinde.

8. Der Blütensproß.

Alle von uns betrachteten Sprosse dienen vor allem der Ernährung und dem Nebenzweck des Schutzes, des Festhaltens, des Tierfangs: also der Erhaltung des Individuums. Dieser selbstsüchtige Zweck ist aber nicht der einzige, der das Reich der Lebewesen beherrscht. Vielmehr finden wir als zweiten Zweck, der dem pflanzlichen Individuum an sich ganz gleichgiltig sein muß, die Erhaltung der Art, die Bildung einer neuen Generation, die nach dem eigenen Untergang den Schauplatz des Lebens betreten soll: also die Fortpflanzung.

Digitized by Google

Der Pflanzenkörper bildet zu diesem Zweck ganz bestimmte Sprosse aus, die man Blüten nennt.

Der Blütensproß stellt entweder den Gipfel-Abschluß des vegetativen Sprosses und seiner Nebensprosse dar, oder er bildet eigene, in den Blattwinkeln aus besonderen, früh zu erkennenden Knospen entstandene Sprosse. Die Zahl der Blüten ist eine ganz verschiedene; es giebt Pflanzen, die sich mit einer einzigen Blüte begnügen, andere, die mehr haben, andere, die eine sehr große Menge hervorbringen, wobei die Zahl im umgekehrten Verhältnis zur Größe steht. Sehr oft dient ein ganzes Sproßsystem mit vielen Achsengenerationen dem Zweck der Fortpflanzung; man spricht dann von einem Blütenstand. Derselbe soll den vorhandenen Raum für die Blüten vergrößern und zeigt eben daher eine oft bedeutende Verzweigung der Achsen. Wir haben die Hauptblütenstände schon oben erwähnt. Die in ihnen auftretenden Stützblätter der Achsen zeigen eine Verkleinerung und Vereinfachung der Laubblätter. Es sind die oben schon erörterten Hochblätter (Fig. 29).

a) Bau der Blüte im Allgemeinen.

Der Blütensproß oder die Blüte zeigt eine Stufenfolge von verschiedenartig metamorphosierten Blättern, von denen man die äußeren als Blütenhülle, die inneren als die eigentlichen Fortpflanzungsorgane zu betrachten hat (s. für das folgende die Fig. 27—30). Die Blütenhülle wird aus zwei Blattkreisen, Kelchblättern und Blumenblättern, gebildet; auch die Fortpflanzungs- oder Geschlechtsblätter (um eine für das ganze Pflanzenreich passende Bezeichnung zu haben, kann man sie Sporophylle oder Sporenträger nennen) sind zweierlei Art, nämlich Staubgefäße (männlich) und

Digitized by Google

Stempel (weiblich). Nur bei den Blütenhüllblättern ist die Blattnatur klar erkenntlich, bei den anderen Blättern der Blüte hingegen ist sie verborgen. Daß aber auch bei Staubgefäßen und Stempeln — oder, wie man sie ihrer Natur nach lieber nennen sollte, Staubblättern und Fruchtblättern — eine Metamorphose des Blattes vorliegt, zeigen sowohl die Entwicklungsgeschichte als auch sogenannte Rückschlagserscheinungen. Es kommt nämlich vor, daß die Staubgefäße und die Stempel ganz oder zum Teil blattartig ausgebildet sind, z. B. in gefüllten Blüten, welche daher die Fähigkeit, Samen zu erzeugen, eingebüßt haben.

Dem Gesagten zufolge sind die Staub- und Fruchtblätter die wesentlichen Blütenteile; die Blütenhülle ist unwesentlich, kann daher auch fehlen. Ist sie samt allen anderen Teilen vorhanden, so nennt man die Blüte vollständig (Fig. 27); fehlt sie, so ist die Blüte nackt. Es kann auch vorkommen, daß nur ein Hüllkreis, also entweder der Kelchblatt- oder der Blumenblattkreis, vorhanden ist (Fig. 29); auch können beide gleichartig ausgebildet sein, dann nennt man die Hülle ein Perigon; bei Fig. 30 ist der deutlich vorhandene Kelch kronenartig und bunt. Wenn von den wesentlichen Blütenteilen sowohl Staub- als auch Fruchtblätter vorhanden sind, so liegt eine zwittrige oder zweigeschlechtliche Blüte (Fig. 27) vor; ist nur eine von beiden Arten da, so ist die Blüte eingeschlechtlich, und zwar männlich, wenn sie Staubblätter, weiblich, wenn sie Fruchtblätter besitzt (Fig. 29). Fehlen endlich alle beide, so ist die Blüte für ihren eigentlichen Zweck verloren und steht im Dienst anderer Blüten, wie wir dies noch erörtern werden.

Die Anordnung der Blütenteile ist eine ganz gesetzmäßige. Die Darstellung derselben in Horizontalprojektion

Digitized by Google

nennt man ein Diagramm (Fig. 26); aus ihm läßt sich die Anordnung der Teile am besten erkennen. Diese Anordnung ist nun entweder eine quirlartige (cyklische) oder eine spiralige (acyklische). Letztere findet sich z. B. bei den Zapfen der Koniferen, ist aber seltener. Bei der Quirlstellung hat man auf die Zahl der Kreise (Quirle) zu achten; denn oft genug zeigen einige Arten der Blütenorgane mehrere Kreise (besonders die Staubblätter). Man spricht darnach von ein- bis mehrquirligen (cyklischen) Blüten, sodann ist die Zahl der Blätter in einem Quirl beachtenswert (zwei- bis mehr-

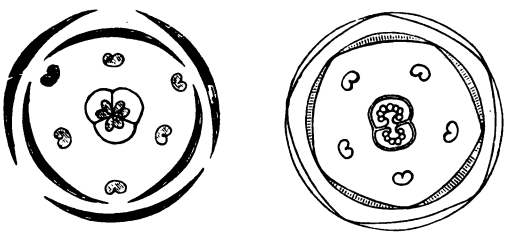

Fig. 26.
Diagramm. A. Tulipa, pentacyklische trimere Blüte; B. Solanum, tetracyklische pentamere Blüte.

zählig, dimer, trimer, tetramer, pentamer u. s. w.). Bezüglich der Stellung der aufeinander folgenden Quirle kommen zwei Fälle vor: entweder stehen die Glieder des folgenden Quirls zwischen denen des vorhergehenden, sie alternieren, oder die Glieder des folgenden Quirls stehen vor denen des vorhergehenden, sie sind dann opponiert. Einige Beispiele sind folgende: der Nachtschatten (Fig. 26 b) (Solanum) hat eine vierquirlige (tetracyklische) Blüte, und jeder Quirl ist fünfzählig (pentamer), die Kreuzblüten (z. B. Kohl) sind sechs-

Digitized by Google

quirlig und die einzelnen Quirle sind verschiedenzählig (2 Kelchquirle zu je 2 Blättern, 1 viergliedriger Blumenblattquirl, ein zwei- und ein viergliedriger Staubblattquirl und ein zweigliedriger Fruchtblattquirl) die Liliengewächse (z. B. Tulipa Fig. 26 a) besitzen sehr ausgesprochen fünfquirlige (pentacyklische) Blüten mit je drei Gliedern (trimer).

Zu bemerken ist nun aber, daß die eben erörterten Verhältnisse nicht immer so klar liegen, wie es hier geschildert ist. Es kann nämlich Reduktion einzelner Teile stattfinden, was man hier als Abort bezeichnet. Schwinden einzelne Teile ganz, so kann begreiflicherweise nur die Entwicklungsgeschichte Aufklärung geben. Andererseits kann eine Spaltung oder Verdoppelung in einem Kreis eintreten; so ist z. B. der innere Staubblattkreis der Kreuzblüte durch Verdoppelung viergliedrig geworden. Endlich können benachbarte Blütenteile eines Quirls mit einander verwachsen und dadurch die gesetzmäßigen Zahlenverhältnisse stören.

Die Vermehrung der Blumenblätter in gefüllten Blüten entsteht in den wenigsten Fällen durch Einschiebung neuer Blätter. Vielmehr sind es gewöhnlich zwei andere Gründe, welche eine Füllung bewirken: Spaltung der ursprünglich einfachen Anlagen in mehrere andere oder Verwandlung der Staub- und Fruchtblätter in Blumenblätter, wobei eben ihre eigentliche Natur zu Tage tritt.

Die Deckung der Blütenteile in der Knospe nennt man Aestivation; sie ist „klappig", wenn sich die Blätter mit den Rändern berühren, „dachig", wenn dieselben übereinander greifen. Auf Einzelheiten wollen wir nicht eingehen, ebensowenig auf den sogenannten Anschluß der Blüte, worunter man die Art und Weise versteht, wie sich die Blattorgane der Blüte an die ihnen vorangehenden Blätter anschließen.

Auch kann es uns nicht darauf ankommen, die Entwicklungsgeschichte der Blüte zu erörtern. Es genügt uns, daß der Vegetationspunkt des Blütensprosses sein Wachstum einstellt, nachdem er die Blattorgane seiner Sphäre in derselben Weise, wie es an den vegetativen Sprossen geschieht, d. h. als Zellhöcker, angelegt und ausgegliedert hat.

Zum allgemeinen Blütenbau gehört auch der Gesamteindruck, den die Blüte im Bezug auf Regelmäßigkeit macht. Man nennt die Blüte *regelmäßig*, wenn die Glieder aller Quirle unter sich gleichartig gebaut und um die Achse gleichmäßig strahlig angeordnet sind (Vergißmeinnicht), dagegen *symmetrisch*, wenn dies nicht der Fall ist, die Blüte sich aber durch einen Schnitt in zwei spiegelbildlich gleiche Hälften teilen läßt Mimulus Fig. 30, Erbse, Bienensang). Die Ungleichheit kann schon durch verschiedene Färbung und Stellung, vor allem aber durch Unterschied in der Größe veranlaßt werden. Ueber die Ursache der symmetrischen Ausbildung der Blüte hat man gestritten, ohne einig zu werden.

b) Bau der Blüte im Einzelnen.

α. Die Achse.

Die Achse des Blütensprosses führt den Namen *Blütenboden* oder später Fruchtboden; gewöhnlich ist sie sehr verkürzt, da ihre Blätter sehr dicht aufeinander folgen und zwar im typischen Fall in der oben erwähnten Reihenfolge: *Kelch*, *Blumenkrone*, *Staubgefäße* und *Stempel*, sodaß also die letzteren den Gipfel bezw. das Zentrum der Blüte einnehmen. Allein es kommt doch auch vor, daß die Internodien zwischen zwei verschiedenen Blattquirlen der Blüte sich verlängern, sodaß dann ein Quirl stielartig emporgehoben erscheint (Nelkengewächse). Zuweilen bilden sich auf der Achse

Digitized by Google

zwischen den Quirlen Drüsen mit honigartiger Absonderung; ist es ein mehr ringförmiger Wall, so nennt man es einen Diskus (Lippenblütler). Die Achse kann aber auch eine Verbreiterung erfahren und zu einer flachen Scheibe werden, auf der dann die Quirle mehr oder weniger auseinander gerückt erscheinen (einige Rosengewächse, z. B. Himbeere). Stellt man sich nun vor, daß auf diesem scheibenförmigen Blütenboden zwischen Staubblättern und Stempeln ein Wachstum stattfindet, so daß Kelch, Blumenkrone und Staubgefäße wie auf einem Wall emporgehoben werden, so ersieht man, daß sich eine becherförmige Bildung ergeben muß; im Innern dieses Bechers sitzen die Stempel, am Rand die übrigen Blütenorgane (Rosengewächse, z. B. Rose). Der dritte Fall endlich ist, daß nun die becherförmig ausgebildete Achse an ihrer Innenfläche mit den Fruchtblättern verwächst, so daß dann die andern Blütenteile auf dem Gipfel der Fruchtblätter und diese unter jenen zu sitzen scheinen (Doldengewächse). Man bezeichnet dies als Insertionsverhältnisse der Blüte und nennt die Blütenhülle im ersten Falle unterständig (Fig. 27 und 28) (hypogyn — dann ist der Stempel natürlich oberständig), im zweiten Fall umständig (perigyn — dann ist der Stempel mittelständig) und endlich im dritten Fall oberständig (epigyn — dann ist der Stempel unterständig).

β. Die Blütenhülle.

Es ist schon gesagt, daß Blüten ohne besondere Hülle nackt heißen (Esche, Weide). Die Hülle kann, wenn vorhanden, einfach, d. h. gleichartig ausgebildet sein, dann heißt sie Perigon (Fig. 29); oder sie kann sich in zwei verschiedene Kreise gliedern, dann unterscheidet man dieselben

Digitized by Google

als Kelch und Krone (Fig. 27). Alle drei können verwachsen (Fig. 28 und 30) oder freiblättrig (Fig. 27 und 29) sein; im ersteren Fall offenbart sich am Rand durch eine Zahnung, Spaltung oder Teilung noch die Mehrblättrigkeit. Bei dem Ausdruck „verwachsenblättrig" darf man übrigens nicht an eine nachfolgende Verwachsung ursprünglich getrennter Blattanlagen denken; eine derartige Blütenhülle entsteht vielmehr als ein emporwachsender Ringwall.

Fig. 27. Diplotaxis tenuifolia, Rampe, zweigeschlechtige vollständige Blüte. k Kelch, bl Blumenblätter, st Staubfäden, n Narbe des Stempels.

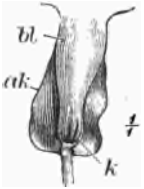

Fig. 28. Thunbergia alata. unterer Teil der Blüte, ak Außenkelch, k Kelch, bl Blumenkronenröhre.

Kelch und Krone unterscheiden sich bei typischer Ausbildung wesentlich durch ihr äußeres Verhalten. Der Kelch ist grün und laubartig, selten bunt (Fig. 30), gewöhnlich sind seine Blätter mit breiter Basis sitzend und ungeteilt (bei der Rose geteilt). Seine Aufgabe als Blütenhülle fällt vor allem in die Jugendzeit der Blüte, d. h. er schützt die Knospe, welche die unreifen inneren Teile und die noch zusammengelegte Krone enthält. Der Kelch hat aus diesem Grund oft nur eine vorübergehende Bedeutung und fällt daher in einzelnen Fällen bald nach dem Aufschließen der Blüte ab (Mohn). Ist er ausdauernder, dann übernimmt er später eine zweite Aufgabe. Diese ist vor allem, als Flugorgan die Verbreitung der Früchte zu fördern. Das ist namentlich auffallend bei den Kompositen, die einen haarförmigen, zunächst sehr kleinen Kelch besitzen, der jedoch später bis zur Fruchtreife

Digitized by Google

zu einer fallschirmartigen Haarkrone, dem Pappus, auswächst (Löwenzahn, Ruhrkraut Fig. 32, auch Fig. 48). Die Bezeichnungen, die man für den verwachsenblättrigen Kelch benutzt, erklären sich aus sich selbst (z. B. röhrig, glockig, trichterförmig, becherförmig, kugelig, aufgeblasen). Der Kelch kann auch symmetrisch gebaut sein.

Fig. 29. Begonia spec., weibliche Blüte. v Vorblatt, st Stiel, fr Fruchtknoten, bl Blumenkrone, n Narbe.

Die Blumenkrone ist im Gegensatz zum Kelch meist bunt gefärbt und zarter gebaut; sie kann auch gestielt (genagelt sagt man dann) und zerschlitzt sein (Nelken). Die bunte Färbung beruht auf gelösten roten und blauen oder körnigen gelben Farbstoffen; andere Eigentümlichkeiten, wie sammetartige Oberfläche, beruhen auf anatomischen Verhältnissen. Regelmäßige freiblättrige Kronen haben die Kreuzblütler, Nelken- und Rosengewächse; eine symmetrisch freiblättrige Krone besitzen die Schmetterlingsblütler, eine regelmäßig verwachsenblättrige die Glockenblumen, eine symmetrisch verwachsenblättrige die Lippenblütler. Die beiden letzten Formen vereinigen die Kompositen (Fig. 31 und 32) in einem Blütenstand: ihre Röhrenblüten sind regelmäßig, die Zungenblüten symmetrisch. Im übrigen treffen wir auf ähnliche Bezeichnungen wie beim Kelch.

Fig. 30. Mimulus luteus, Blüte mit kronenartigem Kelch.

Digitized by Google

Auch die Ausbildung des Perigons kann eine ähnliche sein, und zwar ist dasselbe entweder kelchartig (grün) oder kronenartig (bunt).

Fig. 31.
Solidago virgaurea, Goldrute, Blütenköpfchen.

Es ist klar, daß die Arbeitsleistung der Krone als Blütenhülle nur eine ganz geringe sein kann. Es giebt allerdings Kronen und Perigone, die sich nachts schließen und dann die inneren Teile vor nächtlicher Kälte schützen. Im übrigen sind sie dazu viel zu zart und obendrein auch meist flach ausgebreitet. Dies hängt alles mit einem wichtigen Kapitel der Biologie zusammen. Wie wir sehen werden, greifen die Insekten, besonders Hautflügler (Bienen, Hummeln), bei der Befruchtung der Pflanze bedeutsam in das Leben derselben ein. Die Pflanze ist auf sie angewiesen, daher sucht sie dieselben anzulocken: sie bietet ihnen den Honig, den sie in der Blüte absondert, und den Ueberfluß ihres Blütenstaubes; sie lockt sie an durch bunte Farben der Blumenblätter und durch Wohlgerüche. Die großen Blumenblätter rufen die Insekten schon von weitem, und wenn sie kommen, bieten sie ihnen eine willkommene Anflugsfläche. Oft findet hierbei eine sonderbare Arbeitsteilung statt, indem bei manchen Blütenständen, namentlich bei den Körbchen, die außenstehenden Blüten bedeutend größer

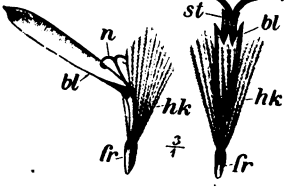

Fig. 32.
Pulicaria dysenterica, Ruhrkraut.
a) eingeschlechtige (weibliche) Zungenblüte vom Rand; b) zweigeschlechtige Röhrenblüte von der Scheibe. fr unterständiger Fruchtknoten, hk Haarkrone, bl Blumenkrone, st Staubfadenröhre, n Narbe. 3/1.

sind als die andren, also als Lockapparat und Anflugstelle dienen, im übrigen aber wertlos sind, da sie durch Verlust von Staubblättern und Stempeln unfruchtbar geworden sind (Wucherblume, Kornblume, Goldrute Fig. 31 und Ruhrkraut Fig. 32). Auch sonst bietet die Blumenkrone den Insekten gewöhnlich einen recht bequemen Eingang, wie z. B. die der Lippenblütler.

Die Blumenkrone kann auch hin und wieder eine andre Aufgabe übernehmen, vor allem die Sammlung und Aufspeicherung des Honigs. Dazu haben manche Blumenkronen eine spornartige Verlängerung (Knabenkraut, Veilchen); oft aber ist auch das ganze Blatt in ein Nektarium oder Honiggefäß umgewandelt (Nießwurz).

Die Aufgabe der Blütenhülle wird ab und zu von andern Blattorganen geleistet oder doch wenigstens unterstützt. So giebt es Pflanzen, die einen sogenannten Außenkelch besitzen (Thunbergia Fig. 28, Malven und Rosengewächse): es sind dies Hochblätter, die dem Kelch sehr nahe sitzen und sogar blumenblattartig werden können. Auch Hochblätter des Blütenstands können mit zum Lockapparat hinzugezogen werden. Andererseits können auch Nebenblattbildungen der Blütenteile zur Verstärkung der Blütenhülle dienen; man nennt derartige Gebilde Nebenkronen (Narzisse).

γ. Die Staubblätter.

Man bezeichnet die Gesamtheit der Staubblätter oder der männlichen Sporophylle als Androeceum. Ihre Zahl ist verschieden, aber so konstant, daß Linné auf sie sein künstliches System aufbaute. Man unterscheidet den Stiel des Staubblatts als Filament oder Staubfaden von dem oberen keulenförmigen Teil, der Anthere oder dem Staubbeutel. Der Staubfaden kann als der unwesent-

liche Teil fehlen; er ist aber doch meist vorhanden, um die Staubbeutel in die rechte Lage zu bringen. Die Staubbeutel bestehen aus zwei Hälften, und jede ist wieder durch eine Furche in zwei Teile geteilt; dies entspricht dem inneren Bau. Beim Durchschneiden eines Staubblatts erkennt man 4 Fächer, die sog. Pollensäcke (Mikrosporangien); im reifen Staubblatt sitzt in diesen Säcken ein feiner Staub, der Pollen- oder Blütenstaub (Mikrosporen), der aus lauter kleinen, einzelnen Zellen von beiden verschiedenen Arten sehr verschiedener Gestalt besteht; meist aber hat die Oberfläche Höcker, Warzen, Stacheln usw. Ihre Membran zerfällt in zwei Teile: die Intine und die Exine. Die beiden Pollensäcke werden durch das Konnektiv verbunden. In allen diesen Verhältnissen herrscht eine derartige Verschiedenheit, daß man sie zur systematischen Artenabgrenzung benutzen kann.

Hin und wieder werden Staubblätter unfruchtbar, d. h. sie erzeugen keinen Pollen; zum Teil schrumpfen sie in diesem Fall ein, werden also völlig reduziert, zum Teil bleiben sie jedoch und nehmen eine andere

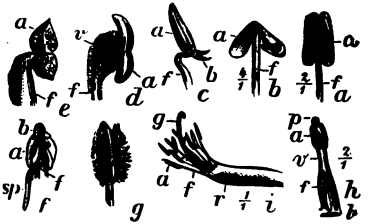

Fig. 33.
Staubblattformen.
a) Salpiglossis, typische Anthere; b) Petunia hybrida, mit abstehenden Antheren; c) Calluna vulgaris, mit schwanzförmigen Anhängen an den Antheren; d) Maurandia, mit vertikalen Antheren und Verdickung (v) am Ende des Filaments; e) mit senkrecht stehenden Antheren und an der Spitze verdünntem Filament; f) Viola tricolor, mit Verlängerung des Filaments (a) und spornartigem Anhängsel (sp); g) Thunbergia alata, mit Knopfhaaren; h) Lobelia erinus, verwachsene Staubfäden, b Blütenboden, v verwachsener Teil der Staubfäden, f freier Teil, p Pollen; i) Lupinus, mit dem unteren Teil (r) der Staubfäden verwachsene Staubblätter; in allen 9 Figuren bezeichnet f den Staubfaden (Filament) und a den Staubbeutel (Anthere).

Digitized by Google

Gestalt und Aufgabe an; sie werden zu „Staminodien", die oft drüsenartig beschaffen sind.

Die Staubgefäße können frei oder unter sich in mehrere Bündel verwachsen sein (s. die Klassen Linnés): bei den Kompositen (Fig. 32, b) sind nur die Staubbeutel, und zwar zu einer Röhre, verwachsen, während die Staubfäden frei sind; selbst mit Teilen des Stempels kann der Staubbeutel verwachsen (Orchideen).

Die Pollensäcke öffnen sich bei der Reife des Pollens, indem sich gewisse unter der Oberhaut gelegene Zellen mit Verdickungsleisten beim Austrocknen zusammenziehen.

δ. Der Stempel.

Als Stempel oder Pistill (Fig. 34) bezeichnet man das einzelne Fruchtblatt (Sporophyll, Carpell); die Gesamtheit aller Fruchtblätter führt den Namen „Gynoeceum". Die Metamorphose des Blattes ist an ihm leichter zu erkennen als am Staubblatt. Denkt man sich, daß sich ein Blatt an seiner Hauptader einschlägt, mit den Rändern zusammengelegt und dort verwächst (Bauchnaht), so entsteht dadurch eine Höhlung, die einfachste Form eines Stempels. In ausgebildeter Gestalt unterscheidet man an ihm drei Teile, nämlich Fruchtknoten, Griffel und Narbe; er ist dann gut mit einer Flasche zu vergleichen: ihr bauchiger Teil entspricht dem

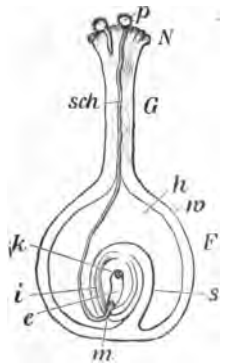

Fig. 34.
Typischer Stempel, schematisiert. F Fruchtknoten, G Griffel, N Narbe, w Wand des Fruchtknotens, h Höhle desselben, s Samenknospe, i Integumente, m Mikropyle, k Knospenkern, e Embryosack, sch Pollenschlauch, p Pollenkorn.

Digitized by Google

Fruchtknoten, ihr Hals den Griffel, und der Kork der Narbe. Die Blattnatur des Stempels ist besonders bei den Schmetterlingsblütlern, (z. B. Erbse) recht deutlich. Gewöhnlich haben die Pflanzen mehrere Fruchtblätter, die entweder frei bleiben (wie bei den Hahnenfußgewächsen, z. B. Anemone) oder mit einander verwachsen, sei es nun, daß die Fruchtknoten allein oder auch die anderen Teile verwachsen; oft ist dann die Verwachsung nicht mehr zu erkennen; die Fruchtblätter bilden vielmehr ein einheitliches oder mehrfächeriges Gebilde. Beides kann bei ober- und unterständigen Stempeln eintreten.

In den Fruchtknoten finden sich bestimmte Stellen Placenten genannt (Fig. 35, b und 37, b), an denen die wichtigsten Teile des Stempels, die Samenknospen (Makrosporangien), sitzen. Bei einfachen Fruchtblättern ist die Bauchnaht die Placenta, bei zusammengesetzten sind die Verhältnisse verschieden. Die Ausdrücke zentralwinkelständige (Lilie) und wandständige Placentation (Mohn) erklären sich von selbst. Bei freier Placenta (Primel) sitzen die Samenknospen auf einem Säulchen, das sich frei in der Fruchtknotenhöhle erhebt; endlich kann es vorkommen, daß nur eine einzige Samenknospe vorhanden ist, die im Grunde des Fruchtknotens sitzt (Knöterich).

Die Samenknospe ist das Gebilde, aus welchem der Same entsteht. Ist ein Stiel vorhanden, so heißt derselbe Nabelstrang (Funiculus); die Stelle, wo die Samenknospe an diesem oder an der Placenta angeheftet ist, wird Nabel genannt (an der Erbse deutlich). Der Hauptteil der Samenknospe ist der Knospenkern (Nucellus); er besitzt gewöhnlich eine oder zwei Hüllen (Integumente), welche auf dem Scheitel eine feine Oeffnung, die Mikropyle, lassen. Im Knospenkern zeigt sich schon früh eine große Zelle, der Em-

Digitized by Google

bryosack (Makrospore), und am Scheitel desselben erkennt man mehrere (3) Zellen, von denen die innerste die Eizelle ist. — Die Samenanlage ist entweder gerade, und Nabel und Mikropyle liegen einander gegenüber (atrope Samenknospe), oder sie ist gegenläufig (anatrop), wenn die gegenseitige Lage von Nabel und Mikropyle zwar ebenso, aber die

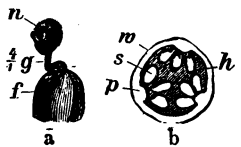

Fig. 35.
Viola tricolor, Stiefmütterchen, Pistill, a) Ansicht, b) Querschnitt; f Fruchtknoten, g Griffel, n knopfige hohle Narbe, w Fruchtknotenwand, h Fruchtknotenhöhle, p Placenta, s Samenknospe.

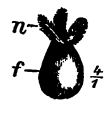

Fig. 36.
Cardiospermum halicacabum, griffelloser Fruchtknoten. f Fruchtknoten, n dreiteilige fleischige haarige Narbe.

ganze Samenknospe am Nabel gekrümmt und dem Nabelstrang angewachsen ist. Endlich spricht man von krummläufiger (kampylotroper) Samenknospe, wenn sie selbst gekrümmt ist, so daß Nabel und Mikropyle nicht gegenüber, sondern nebeneinander liegen.

Die Frage nach der morphologischen Bedeutung der Samenknospe ist noch immer eine strittige, denn man ist sich noch nicht klar darüber, ob sie ein Knospen- oder ein Blattgebilde ist; es scheint aber, als ob die zweite Ansicht die richtigere wäre.

Der zweite Teil des Stempels, der Griffel, stellt einen meist mit lockerem Gewebe angefüllten Kanal dar, der auch ebenso gut fehlen kann, manchmal verzweigt oder geteilt ist (Fig. 37) und nach Länge und Dicke sehr verschieden sein kann.

Digitized by Google

Der dritte Teil, die Narbe, ist hingegen wesentlicher. Sie ist gewöhnlich knopfförmig einfach, kann aber auch geteilt und anders gestaltet sein (Fig. 35—38). Gewöhnlich ist sie mit Warzen besetzt und obendrein klebrig und schleimig, was mit ihrer biologischen Bedeutung zusammenhängt. Zuweilen besitzt sie Sammelapparate für den Pollen, seien es nun Bürsten- oder Becher- oder Schirmbildungen (Fig. 38, c, e, h).

Der Zweck der Staub- und Fruchtblätter ist die Befruchtung. Dieselbe geschieht durch Verschmelzung eines Teils des Polleninhalts mit der Eizelle. Das Pollenkorn gelangt, gewöhnlich von Insekten getragen (daher der Honig und die Lockapparate, auf die Narbe, haftet hier vermöge seiner warzigen Beschaffenheit, die es mit der Narbe teilt, und treibt, von dem Narbensekret angeregt, einen Schlauch, der das Leitgewebe des Griffels durchwächst und endlich zur Eizelle gelangt.

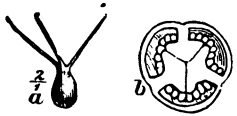

Fig. 37.
Hypericum perforatum, Hartheu; Pistill, a Ansicht, c Querschnitt.

Die hier geschilderten Verhältnisse gelten für die sog. Angiospermen (bedecktsamige Pflanzen), diese besitzen einen Fruchtknoten mit geschlossener Höhle. Anders dagegen die Gymnospermen (nacktsamige Pflanzen): hier schließen sich die Fruchtblätter nicht zu einem Gehäuse, sondern sie bleiben offen und mehr blattförmig, schuppig; später stellen sie oder vielmehr ein Teil derselben die bekannten Schuppen der Tannen- und Kieferzapfen dar.

9. Die Frucht.

Das Ergebnis der Befruchtung ist die Entstehung von Frucht und Samen. Die Frucht ist das, was durch Um-

Digitized by Google

wandlung des Fruchtknotens entsteht, der Same das, was aus der Samenknospe hervorgeht.

Die Veränderungen, welche mit der Befruchtung eintreten, sind aber so tiefgehende, daß sie oft noch andere Blütenteile in ihren Bereich ziehen. So können sich Hochblätter sogar zur Fruchthülle umbilden (Becher der Kupuliferen: Eiche, Buche, Hasel). Wenn der Blütenboden daran teilnimmt, so entstehen die unten zu besprechenden Scheinfrüchte.

Der Fruchtknoten erfährt die weitgehendste Umänderung. Griffel und Narbe haben nach erfolgter Befruchtung ihre Schuldigkeit gethan, und können daher abfallen. Nur selten bildet sich der Griffel als Flugorgan aus (einige Nelkenwurzarten), bei den Storchschnabelarten bildet er einen Bohrapparat (s. unten).

Fig. 38.
Griffel- und Narbenformen. a) Convolvulus, einfache knopfförmige Narbe mit Pollenkörnern; b) Salpiglossis nach oben verbreiteter Griffel; c) Lobelia erinus, unter der Narbe mit Bürste (b); d) Begonia, gewundene Narbe; e) Thunbergia alata, Griffel mit Sammelbecher; f) Valeriana officinalis mit breiteiliger Narbe; g) Scirpus, zweiteilige Narbe mit stacheliger Oberfläche; h) Sarothamnus scoparius, spiralig gerollter Griffel mit Sammelbürste am Ende; bei a, b und c bedeutet g Griffel und n Narbe.

Die Zahl der Früchte richtet sich natürlich nach der Zahl der Fruchtknoten. Das Fruchtgehäuse, welches bei den echten Früchten aus der Wand des Fruchtknotens hervorgeht, läßt in der Regel drei Schichten erkennen, nach deren verschiedener Ausbildung man die Früchte einteilen kann. Man unterscheidet zunächst echte Früchte und Scheinfrüchte; erstere gehen nur aus dem Fruchtknoten, letztere auch aus anderen Blütenteilen hervor. Die echten Früchte

heißen Saftfrüchte, wenn ihre Wand saftig ist, Trockenfrüchte, wenn sie trockenhäutig, ledern oder holzig ist. Die letzteren wieder sind entweder Schließ-, oder Spring-, oder Spaltfrüchte. Bei den Schließfrüchten öffnet sich die Hülle erst bei der Keimung; dahin gehört z. B. die Grasfrucht (Karyopse),

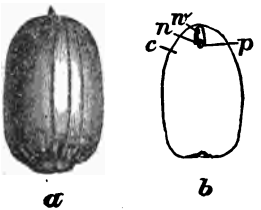

Fig. 39.
Quercus, Eiche, Frucht (Nuß). a) Ansicht, b) Längsschnitt; c Kotyledon, oben liegt der Keimling, daran w Würzelchen, p Plumula, n Narbe des zweiten Kotyledons.

Fig. 40.
Diplotaxis tenuifolia, Rampe, Schotenfrucht.

bei welcher die Hülle mit dem Samen verwächst, die Nuß (der Eiche (Fig. 39) und Haselnuß), bei welcher die Hülle besonders hart ist, und die Flügelfrucht (Ahorn), bei welcher die Fruchthülle eine flügelartige Erweiterung hat. — Die Springfrüchte entlassen die Samen bei der Reife, indem sie an irgend einer Stelle aufspringen oder sonst Oeffnungen erhalten. Springt die Frucht an der Bauchnaht auf, so ist es eine Balgfrucht (Päonie); springt sie in zwei Klappen ohne Scheidewand auf, so nennt man sie Hülse (Schmetterlingsblütler (z. B. Erbse); hat sie aber dabei eine Scheidewand, Schote (Fig. 40, Kreuzblütler: Hirtentäschel). In allen andern Fällen spricht man einfach von Kapsel; diese kann mit Zähnen aufspringen (Kornrade), oder mit Löchern (Mohn),

Digitized by Google

oder mit einem Deckel (Ackergauchheil). — Die Spaltfrucht (Fig. 41 und 42) teilt sich in der Reife in mehrere Teile, die an sich gewöhnlich Schließfrüchte sind (Doldenpflanzen); oft ist die Frucht schon vorher dafür gegliedert (Gliederschote des Hederich).

Fig. 41.
Malva rotundifo , Malve. a) Kelch mit Spaltfrucht, b) einzelne Teilfrucht; ak Außenkelch, k Kelch, fr Früchte.

Fig. 42.
Heracleum sphondylium, Bärenklau, Spaltfrucht. a die beiden Teilfrüchte, b gemeinsamer Stiel der beiden Früchte, c Griffel, d Diskus.

Die Saftfrüchte springen gewöhnlich nicht auf; einige Gurken platzen zur Zeit der Reife schon bei bloßer Berührung und streuen, indem sie aufspringen, ihre Samen weithin aus. Die gewöhnlichen Saftfrüchte kann man als Stein- und Beerenfrüchte unterscheiden. Bei den ersteren ist die innerste Fruchtschicht zu einem steinharten Gewebe geworden, während die beiden äußeren saftig sind (Pfirsich, Fig. 43, und Kirsche); die Steinfrüchte enthalten nur je einen Samen. Die Beerenfrüchte haben mehrere Samen und die innere Fruchtschicht ist nicht steinhart (Johannisbeere, Heidelbeere, Nachtschatten, Fig. 44).

Wenn außer dem Fruchtknoten noch andere Blütenteile an der Fruchtbildung teilnehmen, so nennt man die Frucht,

Digitized by Google

wie gesagt, eine Scheinfrucht. So wird z. B. bei der Erdbeere der Blütenboden fleischig, während die kleinen Früchte in diesem Fruchtfleisch eingebettet sind und mit ihren Spitzen daraus hervorsehen. Bei der Feige ist es sogar ein ganzer Blütenstand, dessen Achse fleischig wird. Bei der Apfelfrucht wird der mit den Fruchtknoten verwachsende becherförmige Blütenboden fleischig. In diesen Fällen kann man übrigens ebenso gut von Sammelfrüchten reden, worunter man Früchte

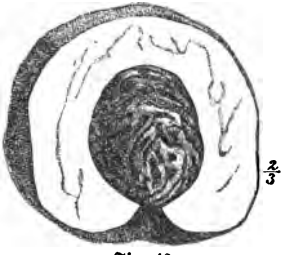

Fig. 43.
Persica vulgaris, Pfirsich, Steinfrucht.

Fig. 44.
Solanum nigrum, Nachtschatten, Beere.
a Flächenansicht, b Querschnitt.

versteht, die durch Vereinigung der Früchte einer Blüte entstehen. Eine derartige Sammelfrucht ist z. B. auch die Frucht der Brombeere (Fig. 45), deren einzelne Fruchtknoten Steinfrüchtchen darstellen und die sich zusammenhängend von dem kegelförmigen Fruchtboden abheben läßt.

Die biologische Bedeutung der Frucht ist einleuchtend. Sie soll den heranwachsenden Samen schützen und, wenn er reif ist, zu seiner Verbreitung beitragen. Das erstere wird erreicht, indem die Wand möglichst stark wird und oft mit Stacheln und Dornen versehen ist, wodurch sie vor Angriffen von Tieren gesichert ist (Stechapfel). Vor diesen schützen sich die Früchte auch durch bittere oder saure oder sonstwie unangenehme

Beschaffenheit der fleischigen Schicht (Wallnuß, unreife Kirschen). Bei Schließfrüchten bietet die harte, feste Schale während der kalten Jahreszeit auch einen willkommenen Schutz gegen Kälte und Nässe. Andererseits sollen die Früchte zur Verbreitung der Samen beitragen. Wenn die Samen der Mutterpflanze alle um diese herum in ihrer nächsten Umgebung ausgestreut würden, so leuchtet ein, daß sie beim Keimen und Aufwachsen sich hier gegenseitig hindern würden; sie werden sich Boden, Luft und Licht gegenseitig nehmen, und daher werden alle oder die meisten schwach und elend bleiben. Es muß also für die Erhaltung der Art von ganz besonderer Bedeutung sein, daß sich ihre Samen und Nachkommen möglichst weit von der Mutterpflanze entfernt ansiedeln.

Fig. 45. Rubus fruticosus, Brombeere, Sammelfrucht. k Kelch, st vertrocknete Staubgefäße, fr Früchte, g Griffel derselben

Die solches bewirkenden Einrichtungen an Früchten und Samen bieten wieder ein anziehendes Bild aus dem Leben der Natur. Oft hilft sich die Pflanze hierbei selbst. Das ist bei allen Springfrüchten der Fall, besonders dann, wenn dieselben Vorrichtungen haben, die man als Schleuderwerke bezeichnen kann, weil sie durch allerhand mechanische Mittel die Samen weit fortschleudern. Das schönste und bekannteste Beispiel liefert die Pflanze Rühr-mich-nicht-an (Impatiens). Durch Trockenwerden ziehen sich bestimmte Gewebe zusammen und die Wände krümmen sich dergestalt, daß der Samen weit fortgeschleudert wird. Bemerkenswert ist das Beispiel von der Flockenblume (Fig. 46 und 47); hier öffnet sich der Hüllkelch des Fruchtstandes bei trockenem Wetter und streut dann die in ihm enthaltenen Früchte aus. In anderen Fällen bedient sich die Pflanze anderer Kräfte, nämlich des Windes

Digitized by Google

oder der Tiere. Oft sind die Samen so leicht, daß ein Windstoß sie aus der Kapsel entführt, besonders wenn der Same obendrein noch Flugvorrichtungen besitzt. Solche Flugorgane können sehr mannigfach sein. Es können

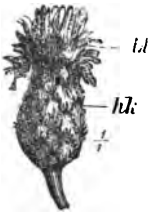

Fig. 46.
Centaurea scabiosa, Flockenblume, geschlossenes Fruchtkörbchen.
hk Hüllkelchblätter, bl Blütenreste (im Innern die Früchte).

Fig. 47.
Dieselbe, geöffnetes Fruchtkörbchen.
Die Hüllkelchblätter sind ausgebreitet, die Früchte sind ausgestreut, in der Mitte sieht man den grubigen Fruchtboden.

flügelartige Bildungen sein (Ahorn) oder Fallschirme (Kupula der Hainbuche, Haarkelch der Kompositen Fig. 48); dies sind dann aber meist Bildungen der Hochblätter oder der Blütenhülle; endlich kann das Flugvermögen auf federartiger Beschaffenheit des Griffels beruhen (Clematis).

Fig. 48.
Sonchus oleraceus, Saudistel mit Pappus, d. i. zu Haaren ausgewachsener Kelch, Flugorgan.

Sehr verbreitet ist es, daß Tiere Transportmittel für die Früchte sind, wobei man wieder zwei Fälle zu unterscheiden hat. Oft geschieht die Beförderung rein mechanisch, die Früchte besitzen dann allerhand Stacheln, Borsten und Widerhaken, mit denen sie sich im Fell vorüberstreifender Tiere befestigen und manchmal bis ins Fleisch einbohren (Gräser, Labkraut, Odermennig Fig. 49); manchmal

Digitized by Google

besitzen die Früchte auch Klebstoffe, mit denen sie sich an Tiere heften. Besonders merkwürdig aber ist der zweite Fall, wenn die Früchte die Tiere anlocken, indem sie ihnen Genußmittel liefern und das ist der Fall bei jenen Saftfrüchten die neben der wässrigen Flüssigkeit in ihrer saftigen Fruchtschale Zucker und aromatische Stoffe enthalten, wodurch sie sogar für die Menschen zum Lockmittel werden. Derartige Früchte werden oft von Tieren weit verschleppt und dann aufgefressen, die hartschaligen Teile dagegen werden zurückgelassen. Kleinere Früchte werden auch oft mitsamt den Samen gefressen, die dann den Verdauungskanal unbehindert durchwandern, da sie gewöhnlich mit einer harten Schale versehen sind, die den auflösenden Säften in Magen und Darm widersteht.

Im Anschluß an das Gesagte sei noch kurz erwähnt, wie die Pflanzen oft ihre Früchte mit Vorrichtungen ausstatten, durch die sie befähigt sind, sich in den Boden einzubohren; manche besitzen dazu einfache Stacheln mit Widerhaken; so hält sich z. B. die Wassernuß im Schlammboden fest. Andere besitzen an der Frucht eine lange hygroskopische, d. h. für die Feuchtigkeit der Luft empfindliche Borste, welche sich bei Feuchtigkeit ausdehnt, bei Trockenheit zusammenzieht und so allgemach in den Erdboden einschiebt (Storchschnabel).

Fig. 49. Agrimonia eupatoria Obermenning, Frucht mit Widerhaken.

10. Der Same.

Wir haben schon gesehen, daß der Same infolge der Befruchtung sich aus der Samenknospe bildet. — Er besteht aus einer Schale, die aus den Hüllen der Samenknospe

Digitized by Google

entsteht, und aus dem Keimling (Embryo), der aus der Eizelle im Embryosack hervorgeht; außerdem befindet sich neben dem Keimling oft noch ein Nährgewebe, welches man Sameneiweiß oder Endosperm nennt.

Der Keimling ist natürlich der wichtigste Teil des Samens. Er besteht aus einem, zwei oder mehreren Samenlappen (Kotyledonen), dem Knöspchen und dem Würzelchen. Das ganze Gebilde entsteht nach der Befruchtung aus der Eizelle, indem dieselbe sich fortgesetzt teilt und dadurch endlich jenes zusammengesetzte Pflänzchen im Kleinen bildet, welches schon alle Teile der jungen Pflanze an sich erkennen läßt.

Die Samenschale richtet sich in ihrer Ausbildung nach dem, was sie zu leisten hat. Wenn die Frucht eine starke und bleibende Hülle hat, so ist die Samenschale nicht unnötiger Weise auch noch stark, sondern dünn und häutig, wie bei der Eichel und Walnuß. Bei Spring- und Saftfrüchten dagegen bedarf der Keimling nach Verlassen der Frucht eines weiteren Schutzes, den ihm dann eine festgebaute, lederige (Bohne) oder steinharte (Wein) Schale angedeihen läßt. Eine besondere Eigenart zeigen die Samen des Leins und anderer Pflanzen, indem die äußeren Zellen derselben beim Feuchtwerden verschleimen. Nicht selten besitzen nicht die Früchte, sondern die Samen Vorrichtungen zum Fliegen, bei der Kiefer in Gestalt von flügelartigen Anhängen, bei den Weidearten und dem Weidenröschen als Haarschopf. Ja, auch an Genußmitteln fehlt es am Samen nicht gänzlich; man kann dahin wohl den Arillus rechnen. d. h. einen fleischigen Mantel, welcher den Samen von unten her umwächst uad umgiebt (Eibe, Muskatnuß).

Digitized by Google

Für die Systematik ist das Vorhandensein und Fehlen des Sameneiweißes besonders wichtig; natürlich hat dies aber vor allem seinen physiologischen Zweck. Wir haben schon gesehen, daß die Samenlappen gewöhnlich reich an Reservestoffen, vor allem an Stärke, sind, und daß diese dann zur Ernährung der jungen Pflanze dienen. Auch sahen wir schon, daß in anderen Fällen die Samenlappen vom Eiweiß vertreten werden. Dieses Sameneiweiß ist ein Parenchymgewebe, welches Protoplasma, Oel oder Stärke enthält und den Raum zwischen Keimling und Samenschale ausfüllt; es entsteht gewöhnlich aus dem Embryosack, seltener nehmen noch andere Zellen des Knospenkerns an seiner Bildung teil. Nach seiner Beschaffenheit nennt man es mehlig, ölig, fleischig oder hornartig.

Der Keimling liegt entweder mitten im Sameneiweiß oder nicht; auch an seiner Außenseite kann er liegen. Er ist gerade oder gekrümmt. Die Beschaffenheit seiner Teile haben wir schon erörtert, ebenso ihre Bedeutung.

III. Vom Leben der Pflanze.

Die Pflanze ist an die Scholle gebunden, sagt man; sie klammert sich mit ihren Wurzeln an die Unterlage und sendet ihren Stengel samt Blättern und Blüten dem Licht und der Luft entgegen. Läßt man ein Pflänzlein ungestört sein Leben abwickeln, so erkennt man, daß es aus gar kleinen Anfängen beginnt; dann wächst es, wie von unsichtbarer Hand gepflegt, entwickelt sich mehr und mehr zu einem selbständigen Wesen und bildet Blüten, in deren geheimnisvollem Schoß

Digitized by Google

ein oder viele neue Wesen derselben Art als im Verhältnis zur erwachsenen Pflanze winzige Samen entstehen.

Das Leben der Pflanze zeigt also vor allem zwei wesentliche Vorgänge: Wachstum und Entwicklung einerseits und Fortpflanzung andererseits. Fragen wir uns aber, wie denn beides ermöglicht wird, so müssen wir als den eigentlichen Grundvorgang alles Pflanzenlebens die Ernährung auffassen.

1. Die Ernährung.

Die Ernährung der Pflanzen (wir sprechen dabei von den selbständigen Pflanzen, nicht von Parasiten) ist eine wesentlich andere als bei den Tieren. Sie zeichnet sich dadurch aus, daß bei ihr aus den Stoffen, welche die leblose Außenwelt der Pflanze bietet, in ihrem Innern Stoffe gebraut werden, welche denjenigen ähnlich sind, die den Pflanzenleib zusammensetzen; daher heißt dieser Vorgang, Aehnlichmachung oder Assimilation. Ist dieser Vorgang etwas so Außergewöhnliches, so werden auch die Mittel außergewöhnlich, d. h. anders sein, als bei dem Tiere; die Nahrung selbst ist anders geartet, also auch die Aufnahme und die Organe der Verarbeitung.

a) Die Nahrungsmittel.

Von unserem Standpunkt aus ist die Pflanze äußerst genügsam; denn sie ist zufrieden, wenn ihr die Luft Kohlensäure und der Erdboden Wasser liefert. Das Regenwasser, welches durch die Erde sickert, nimmt aber aus ihr mancherlei lösliche Salze auf und bringt sie mit in die Pflanze, und damit ist deren Küchenzettel so ziemlich erschöpft. Untersuchen wir aber die Nahrungsbedürfnisse der Pflanzen etwas näher, so

Digitized by Google

erkennen wir, daß sie doch ganz bestimmte chemische Grundstoffe nötig hat, dieselben natürlich, die ihren Körper zusammensetzen. Da nun aber die chemische Zusammensetzung der verschiedenen Pflanzen eine durchaus verschiedene, für jede Art aber eigentümliche ist, so läßt sich von vornherein annehmen, daß auch die Ansprüche, welche die verschiedenen Pflanzen an den Boden stellen, verschieden sein werden; das bezieht sich in erster Linie auf die Art und Menge der mit dem Wasser aufgenommenen Salze, während alle Pflanzen Wasser und Kohlensäure in gleicher Weise nötig haben.

Die chemischen Grundstoffe, welche den Pflanzenkörper aufbauen, sind vor allem: Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff; dazu kommen noch Schwefel und Phosphor, sowie einige Metalle: Kalium, Calcium, Magnesium und Eisen; sehr weit verbreitet ist endlich Silicium. Welche Rolle diese Grundstoffe in der Pflanze spielen, ist noch keineswegs für alle festgestellt; Silicium ist jedenfalls nicht von so großer Bedeutung; die anderen dürfen nicht fehlen.

Die Pflanze nimmt nun aber diese Grundstoffe nicht etwa als solche in sich auf, sondern als Verbindungen, d. h. chemisch verbunden mit anderen Grundstoffen. Die Herkunft der drei ersten ist sehr klar: Kohlensäure besteht aus Kohlenstoff und Sauerstoff, Wasser aus Wasserstoff und Sauerstoff. Stickstoff ist in einem Salz, dem Salpeter, weit verbreitet und kommt außerdem in großen Mengen in der Luft vor (⁴/₅ der Luft). Versuche haben aber festgestellt, daß dieser Stickstoff der Luft für die meisten Pflanzen mit Ausnahme der Leguminosen eine verschlossene Quelle ist. Die genannten Metalle, sowie Schwefel und Phosphor kommen in Form von Salzen in die Pflanzen, besonders als salpetersaure, schwefelsaure und phosphorsaure Salze.

Digitized by Google

Daß wirklich nur diese Salze nebst Wasser und Kohlensäure der Luft zur Ernährung der Pflanzen nötig sind, aber auch genügen, das zeigen sogenannte Wasserkulturen. Man läßt Samen von Mais oder Erbsen oder Bohnen in sorgsam gereinigten, feuchten Sägespänen keimen und setzt sie, wenn ihre Wurzeln einigermaßen kräftig, d. h. 3—4 cm lang sind, wohl gereinigt mittelst einen durchbohrten Korks in einen Cylinder mit einer Nährlösung, die man sich durch Auflösung von 1 Gr. salpetersaurem Kali und je $^1/_2$ Gr. schwefelsaurem Kalk, schwefelsaurer Magnesia und phosphorsaurem Kalk in 1 Liter destillierten Wassers herstellt. Bringt man diese Vorrichtung, die man vorteilhaft mit einer dunkeln Papphülse umgiebt (damit sich am Glas keine Algen ansetzen), ins Sonnenlicht, so gedeiht die Pflanze vortrefflich, bis sie nach einiger Zeit gelbliche Blätter bekommt; ein sehr geringer Zusatz einer Eisensalzlösung macht die Blätter wieder normal.

Wenn der Boden die genannten Stoffe nicht enthält, so kann die Pflanze nicht gedeihen; daraus erklärt sich vieles in der Verteilung der Pflanzen. Auch haben manche Pflanzen von diesem oder jenem Stoff mehr nötig als andere; so giebt es z. B. Pflanzen, die ein besonderes Bedürfnis nach Kochsalz haben und daher gern an Küsten und in der Nähe von Salinen wachsen.

b) Die Ernährungsorgane und die Nahrungsaufnahme.

Es muß dem Unbefangenen rätselhaft erscheinen, wie die Pflanze ihre Nahrung aufnimmt. Denn er sieht keinerlei Oeffnungen an ihr wie beim Tiere.

Was für Organe der Pflanze umspült denn nun die Luft und das Wasser der Erde? Die Pflanze streckt ihre Blätter in die Luft und senkt ihre Wurzeln in das feuchte

Digitized by Google

Erdreich. Beide stellen in der That ihre Ernährungsorgane dar, oder richtiger: die Organe zur Aufnahme der Nahrung. Die Blätter besitzen, wie wir schon sahen, sogenannte Spaltöffnungen, durch welche die Luft samt der Kohlensäure in das Innere des Blattes tritt. Die Wurzeln besitzen an ihren Spitzen sehr feine Schläuche, die uns schon bekannten Wurzelhaare, die, ohne eine Oeffnung zu besitzen, das Wasser aus der Erde auffaugen. Dabei ist es auffallend, daß dies noch vor sich geht, auch wenn unser Auge und Gefühl gar kein Wasser mehr im Boden erkennen kann, was zum guten Teil daher kommt, daß diese feinen Haare mit den Sandkörnchen des Bodens geradezu verwachsen: wenn man ein junges Pflänzchen aus dem Boden herauszieht, so erscheinen seine Wurzeln wie mit einem Mantel von Erde umgeben. Nach dem Diffusionsgesetze aber vermag Wasser mit den in ihm gelösten Salzen durch eine tierische oder pflanzliche Haut hindurchzudringen.

Die Wurzeln sind nun aber nur die Aufnahmeorgane des Wassers; seine Verbrauchsorte hingegen sind hoch oben im Licht die Blätter und die Stellen, wo die Pflanze wächst; dorthin muß es also geleitet werden. Die zweite wichtige, mit der Ernährung eng zusammenhängende Frage ist also die nach der Leitung des Wassers.

Wir haben schon erörtert, daß die Pflanze von Gefäßbündeln durchzogen ist und daß diese die Leitbahnen für Wasser und andere Stoffe darstellen; und zwar sind es die verholzten Zellwände, welche die eigentümliche Eigenschaft besitzen, das Wasser schnell in sich fortzuleiten; das übrige Gewebe ist zwar auch zur Aufnahme und Leitung des Wassers befähigt, allein nie in dem Grade wie die verholzten Zellen. Die Frage nach dem Ort der Wasserleitung ist freilich noch nicht

völlig erledigt, man neigt aber zu der eben gegebenen Antwort. — Die andere Frage, durch welche Kräfte das Wasser in der Pflanze gehoben wird, ist auch nicht endgültig gelöst. Man hat die Kapillarität (Haarröhrchenanziehung) herangezogen, und gewiß wirken die feinen Gefäße wie Haarröhrchen; allein das Wasser wird ja mehr in den Wänden geleitet. Auch weiß man, daß die Saughaare an den Wurzeln das Wasser ihrer Umgebung mit großer Kraft aufsaugen und daß das Wasser dann in die Höhe getrieben wird, so daß es an einer Schnittfläche des Stammes hervorquillt eine Erscheinung, die man als das Thränen, z. B. der Weinstöcke, bezeichnet; man nennt diese Kraft den Wurzeldruck. Allein auch er vermag das Aufsteigen des Wassers nicht völlig zu erklären, zumal da er das Wasser nicht so hoch heben kann. Es scheinen hierbei mehrere Kräfte zusammenzuwirken.

Noch eine andere Erscheinung steht offenbar in wichtigem Zusammenhang mit der Wasserleitung, das ist die Wasserverdunstung oder Transpiration. Die Blätter geben fortwährend an ihrer Oberfläche dampfförmiges Wasser ab — das kann man leicht beobachten, wenn man eine Blattpflanze an ein von außen abgekühltes Fenster stellt, so daß ihre Blätter das Glas berühren. Durch diese Wasserabgabe wird die Lösung der verschiedenen Stoffe in den Pflanzenzellen konzentrierter. Da nun aber zwischen benachbarten Zellen das Bestreben herrscht, das Gleichgewicht im Grade der Konzentration ihres Zellsaftes wiederherzustellen, so geht daraus hervor, daß von Zelle zu Zelle eine Wasserwanderung stattfinden muß, die endlich am untern Ende der Pflanze eine Wasseraufnahme aus dem Boden veranlaßt; ein völliges Gleichgewicht aber wird dadurch nicht hergestellt, weil ja durch die Transpiration sofort wieder Wasser abgegeben wird. Diese Erscheinung ist

sicherlich eine der Haupturſachen für die Emporleitung des Waſſers in der Pflanze.

Wir haben geſehen, daß man in dem Grundgewebe des Blattes zwei Schichten erkennen kann, die Palliſadenſchicht und das Schwammparenchym. Die Palliſadenſchicht iſt das Ernährungsgewebe, das Schwammparenchym ein Tranſpirationsgewebe, das ein weites Syſtem von Luftkanälen darſtellt und in direkter Verbindung mit der Atemhöhle ſteht, dem Raum unter den Spaltöffnungen, die auf der Seite des Schwammparenchyms und nicht etwa des Palliſadenparenchyms liegen. Der Mechanismus iſt nun einfach: wenn das Kanalſyſtem des Schwammparenchyms mit Waſſerdampf aus den umgebenden Zellen angefüllt iſt, ſo wird dieſer durch die nun ſich erweiternde Spaltöffnung herausgelaſſen; iſt dagegen kein Ueberfluß an Waſſerdampf vorhanden, ſo ſchließen ſich die Spaltöffnungszellen. Tranſpiration und Wurzeldruck werden ſich nun entgegenkommen und gemeinſam den aufſteigenden Strom des mit Nährſalzen verſehenen Waſſers veranlaſſen. Es muß aber auch zu Zeiten der Wurzeldruck allein genügen, um den Strom zu veranlaſſen, ſo z. B. im Frühjahr, wenn noch keine ausdünſtenden Blätter vorhanden ſind. Thatſächlich iſt dann der Saftſtrom auch ein beſonders kräftiger. — Nach dem Geſagten iſt nun aber auch die ſonſt recht auffällige Thatſache erklärlich, daß die Pflanze ſo viel Waſſer aufnimmt und wieder abgiebt. Das Waſſer iſt nämlich zum kleineren Teil Nähr- und Konſtitutionswaſſer, zum größeren dagegen lediglich das Fuhrwerk für die Salze, welche die Pflanze notwendigerweiſe aus dem Boden aufnehmen ſoll, deren ſie ſich aber auf andere Weiſe nicht, jedenfalls nicht in genügender Menge, bemächtigen könnte.

Mit der Tranſpirationserſcheinung ſind nun noch manche

andere Nebenerscheinungen verbunden, die des Interessanten gar vieles bieten. So ist z. B. schon bei der Besprechung des inneren Baues der Pflanzen darauf hingewiesen worden, wie ängstlich die Bahn des Wasserstroms seitlich isoliert ist, sei es durch Verkorkung der äußeren Oberhautmembran oder der Korkzellen oder durch einen Wachsüberzug oder dadurch, daß die Schließzellen der Spaltöffnung tief in einer Grube liegen. — Ein ganz außerordentlich interessantes Gebiet bilden die Vorkehrungen zur Verhütung der übermäßigen Transpiration. Einige Beispiele mögen das veranschaulichen. Da gedenken wir des Haarkleides mancher Blätter, besonders an Pflanzen, die an trockenen Standorten leben, in Steppen und Wüsten. Da erinnern wir ferner an die Sukkulenten oder Fettpflanzen, bei denen Verhütung zu starker Transpiration und Wasserspeicherung zu gleicher Zeit so schön durchgeführt ist. Da sind die Rutengewächse, deren rutenförmige grüne Zweige eine bemerkenswerte Reduktion der Blätter offenbaren und dabei selbst die Assimilation übernehmen (unsere Ginsterarten, Besenstrauch). — Sehr interessant ist in dieser Hinsicht auch die Stellung der Blätter. Es giebt Pflanzen, deren Blätter sich parallel zu den Strahlen der Sonne stellen und dadurch einer zu starken Transpiration entgegenarbeiten; ja, das kann so weit gehen, daß die Blätter ihre Lage zu Zeiten je nach Bedarf ändern.

In dem Vorstehenden ist die Aufnahme von Wasser nebst Nährsalzen erörtert; es erübrigt noch, von der Aufnahme der anderen Elemente, also vor allem des Stickstoffs und des Kohlenstoffs, zu sprechen. Der Stickstoff gelangt meistens in Gestalt von salpetersauren Salzen mit dem Wasser in die Pflanze. Es erscheint verwunderlich, daß der freie Stickstoff der Luft, der doch in großen Mengen vorhanden ist, von den

Digitized by Google

Pflanzen verschmäht wird. Man kennt allerdings schon lange einige Pflanzen, die Hülsenfrüchtler oder Leguminosen, welche auf einem ungedüngten, stickstofffreien Boden gedeihen. Aber erst in den letzten Jahren hat man die Beobachtung gemacht, daß die hiebei offenbar zu tage tretende Fähigkeit der Ausnutzung des atmosphärischen Stickstoffs ihren Grund in einer sonderbaren Genossenschaft dieser Pflanzen mit Bakterien hat. Jene Leguminosen haben an den Wurzeln kleine Knollen, und in diesen sitzen in einem parenchymatischen Gewebe unzählige Bakterien; man nimmt jetzt an, daß diese Wesen in irgend einer Weise die Ausnutzung und Zuführung des Stickstoffs der Luft bewirken.

Der Kohlenstoff, den die Pflanzen brauchen, stammt einzig und allein aus der Luft, in welcher er in Gestalt von Kohlensäure in geringem Prozentsatz vorhanden ist, in die er aber auch immer wieder durch die Atmung von Menschen und Tieren kommt.

Forschen wir nun weiter nach dem Ernährungsvorgang der Pflanzen, so ist folgender Versuch von großer Bedeutung. Wenn man in kohlensäurehaltiges Wasser einige Wasserpflanzen bringt und das Gefäß in die Sonne stellt, so sieht man bald von den Pflanzen, besonders den Stengelschnittflächen, kleine Gasbläschen aufsteigen, die sich bei näherer Untersuchung als Sauerstoff erweisen; durch einen geeigneten Versuch läßt sich dasselbe auch bei Landpflanzen beobachten. Die Pflanzen nehmen also Kohlensäure auf und scheiden Sauerstoff aus.

Aus vielfachen Versuchen geht ferner hervor, daß dies nur die grünen Pflanzen vermögen, nicht aber die Parasiten (z. B. Pilze). Das Blattgrün muß demnach die eigentliche Stätte der Assimilation sein. Aber mit dem Blattgrün allein ist

Digitized by Google

es nicht gethan; es kommt noch ein mächtiger Faktor hinzu, um die Assimilation zu ermöglichen: das ist das Licht. Zahlreiche Beobachtungen weisen mit Bestimmtheit darauf hin, daß das Licht einen großen Einfluß auf die Assimilation ausübt, ja daß durch andauernde Lichtentziehung Krankheit und Tod der Pflanze hervorgerufen werden können. Das Licht hat Einfluß sowohl auf die Bildung als auch auf die Thätigkeit des Chlorophylls. Wenn man Pflanzen im Keller wachsen läßt, so bleiben sie bleich und bilden lange, dünne Triebe; sie werden geil, wie man sagt.

Die weitere hochwichtige Frage ist nun, wie denn im Innern der Zelle die Assimilation vor sich geht. Wir sind darüber durchaus noch nicht völlig aufgeklärt, wissen aber, daß dieser Vorgang in einer Zersetzung von Kohlensäure und Wasser besteht, wobei eben Sauerstoff ausgeschieden wird. Die andere Frage, was denn nun dabei entsteht, ist ungleich schwieriger zu beantworten. Nur so viel wissen wir, daß eines der ersten Assimilationsprodukte Stärke ist, was man mikroskopisch feststellen kann: man sieht in den Blattgrünkörnern kleinere Stärkemehlkörnchen auftauchen. Aber auch durch einen andern einfachen Versuch läßt es sich erkennen. Durch Jodlösung wird Stärke blaugefärbt. Wenn man nun ein noch am Stengel befindliches Blatt zum Teil mit Stanniol bedeckt und es nach einigen Stunden vom Stengel trennt und in kochendes Wasser und dann in heißen Alkohol bringt, so lösen diese beiden Flüssigkeiten viele Stoffe, besonders das Blattgrün, in dem Blatte auf, so daß es bleich wird, nicht aber die Stärke. Legt man das Blatt nunmehr in Jodlösung, so wird es an den nicht vom Stanniol bedeckten Stellen blau; es ist also hier, wo die Sonnenstrahlen frei wirken konnten, Stärke entstanden, an den bedeckten Stellen aber nicht.

Bezüglich der Frage nach der Benutzung der Salze beim Ernährungsvorgang ist Folgendes zu bemerken: Die Eisensalze sind zur Bildung des Chlorophylls nötig, Kalium- und Magnesiumsalze spielen bei der Eiweißbildung eine Rolle; schwefelsaure, phosphorsaure und salpetersaure Salze führen der Pflanze Schwefel, Phosphor und Stickstoff bei der Eiweißbildung zu. Dagegen ist die Bedeutung des Kaliums noch nicht ganz klar; wahrscheinlich dient es zur Bindung der bei der Assimilation entstehenden giftigen Oxalsäure, wobei sich oxalsaurer Kalk krystallisiert ausscheidet, der dann als Gift ein Schutzmittel gegen Tierfraß bilden kann.

c) Der Stoffwechsel.

Wenn auch die Stärke nicht der erste in der Assimilationszelle entstehende Körper ist, so kann man sie doch als die Grundlage fast aller anderen Pflanzenstoffe ansehen. Diese gehen also aus Stärke, oft unter Benutzung anderer Stoffe hervor. Das sind in erster Linie die anderen Kohlehydrate, wie Zucker und Cellulose. Da sie dieselbe oder doch ähnliche chemische Zusammensetzung haben wie Stärke, so ist ihre Entstehung aus dieser leicht denkbar. Aber auch für die zweite wichtige Gruppe von Pflanzenstoffen, die Fette, ist ein derartiger Zusammenhang erweisbar, ebenso für die Eiweißstoffe, wobei das sogenannte Asparagin eine Rolle spielt. Diese drei Stoffgruppen genügen vollständig zum Aufbau aller Pflanzenorgane, wie ihr Vorhandensein in Reservestoffbehältern beweist. Die in den Assimilationsstätten entstandenen Stoffe wandern in die Teile des Pflanzenkörpers, wo Neubildung stattfindet, also vor allem nach den Vegetationsregeln und zur werdenden Frucht, wo alles, was gebildet ist, verbraucht wird. Allein mit der steigenden Jahreszeit nehmen die Neu-

bildungen ab, und es muß daher, da die Assimilationsthätigkeit noch andauert, Stoff entstehen, der nicht sofort verbraucht wird und der sich daher in allerhand Reservestoffbehältern ansammelt.

Die in den Reservestoffbehältern aufgespeicherten Baustoffe befinden sich in einem ruhenden, passiven Zustand und sind oft im Zellsaft unlöslich; sollen sie Verwendung als Baumaterial finden und zu den Baustätten wandern, so müssen sie in einen andern, aktiven Zustand übergeführt werden. Dies geschieht durch sogenannte Enzyme, Stoffe, die trotz ihrer kleinen Menge große Massen von Reservestoffen umwandeln können, so z. B. die bekannte Diastase, das Enzym, welches in der keimenden Gerste die Stärke in Zucker umwandelt. Zu den Eiweiß lösenden Enzymen müssen z. B. auch die Stoffe gehören, welche bei den insektenfressenden Pflanzen die „Verdauung" der organischen Nahrung bewirken. Da die unlöslichen Reservestoffe Stärke, Fette und Eiweißstoffe sein können, so muß es auch dreierlei Enzyme geben, je nachdem sie den einen oder anderen Reservestoff aufzulösen im Stande sind.

Was die Leitungsbahnen für diese Baustoffe anbelangt, so wandern die Eiweißstoffe in den Siebröhrenteilen, die anderen im Parenchym, besonders der Rinde. Die Kraft, welche diese Wanderung veranlaßt, ist offenbar in dem Wachstum an den Neubildungsstätten zu suchen. Es findet dort ein starker Verbrauch an Stoffen statt, so daß die noch vorhandenen Stoffe angezogen werden.

Die Vorgänge, durch welche die mannigfachen anderen Stoffe aus den ersten Assimilationsprodukten entstehen, namentlich Glukoside, Pflanzensäuren, Alkaloide, ätherische Oele, sind noch vielfach dunkel.

Digitized by Google

Die zuletzt erörterten wichtigen Vorgänge lassen sich unter dem Begriff des Stoffwechsels zusammenfassen, der die Grundlage des gesamten Pflanzenlebens bildet.

Es sei hier noch einmal kurz darauf hingewiesen, daß nicht alle Pflanzen die eben beschriebene regelrechte Assimilation zeigen; denn letztere ist ja an das Blattgrün gebunden, und dieses fehlt manchen Pflanzen. Es sind das die weitverbreiteten Gruppen der Fäulnisbewohner (Saprophyten) und Schmarotzer (Parasiten), sowie z. T. der insektenfressenden Pflanzen, bei denen übrigens doch noch Assimilation stattfindet, so daß die andere Ernährungsweise nur eine Aushilfe ist. Diese zweite Art der Ernährung besteht darin, daß die Pflanze ihren Bedarf an Kohlenstoff und Stickstoff nicht in Gestalt von Kohlensäure und Salzen deckt, sondern durch Aufnahme von organischen Stoffen aus ihrer Umgebung, seien es nun tote, in Fäulnis übergehende oder lebende Wesen.

d) Die Atmung.

Mit den vorstehenden Erörterungen ist der Ernährungsvorgang noch nicht erschöpft. Es ist zur Erhaltung der allgemeinen Lebensbewegung in der Pflanze noch eine gewisse Anregung nötig, und diese geht von einem Vorgang aus, welcher bei der Pflanze zwar nicht die Ausdehnung wie beim Tiere annimmt, aber doch auch bei ihr nicht fehlen darf. Das ist die Atmung. Man versteht darunter die Aufnahme von Sauerstoff und die Abgabe von Kohlensäure, d. h. also einen der Assimilation gerade entgegengesetzten Vorgang. Während diese ein sogenannter Reduktionsprozeß ist, bei dem Sauerstoff frei wird, ist jener eine Verbrennung oder Oxydation. Der von außen aufgenommene Sauerstoff ver-

brennt in dem Gewebe der Pflanze einen Teil des organischen Stoffes (in erster Linie wohl Kohlehydrate), wobei Kohlensäure entsteht, welche die Pflanze gleich dem Tier ausatmet.

Die Bedeutung dieses Vorgangs ist einleuchtend: die Verbrennung ist stets mit einer Stoffverminderung verbunden; dadurch aber wird das innere chemische Gleichgewicht der Pflanze gestört, und weil sie bestrebt ist, es wieder herzustellen, ist dies eine Anregung zur Neubildung organischen Stoffes und daher ein wichtiger Faktor für die Lebensbewegung der Pflanze. Ohne die Atmung findet ein Stillstand im Stoffwechsel statt, der allgemach tödlich wirken kann.

Da Atmung und Assimilation entgegengesetzte Vorgänge sind, so liegt auf der Hand, daß ihre Bedingungen auch nicht die gleichen zu sein brauchen. Thatsächlich findet daher auch die Atmung vor allem bei Lichtabschluß statt; allein es ist doch nicht so, daß sie an Dunkelheit der Umgebung gebunden wäre, vielmehr findet sie auch im Lichte statt. Die Assimilation bei Tage und im Licht ist aber so bedeutend, daß viel mehr Neubildung stattfindet als Verbrennung, so daß also bei Tag die Assimilation die Atmung überwiegt. Dagegen werden Gewebe, welche kein Blattgrün enthalten, also Blüten und Knospen und keimende Samen, lediglich atmen. Selbstverständlich wird die Atmung bei Schmarotzern u. s. w. ganz besonders deutlich zu beobachten sein; denn sie entsprechen ja physiologisch vollständig den Tieren.

Jede Verbrennung ist, wie die tägliche Erfahrung lehrt, mit einer Wärmeentwicklung verbunden. Auch bei der Verbrennung der organischen Stoffe im Körper wird Wärme frei, wie sich dies beim Tiere zeigt. Dagegen macht es sich bei der Pflanze weniger bemerkbar; die Atmung ist ja hier zumeist von der Assimilation verdeckt; ferner teilt sich die entstehende

Digitized by Google

Wärme schnell den großen Wassermassen in den Geweben mit, und endlich bietet die große Flächenausdehnung am Pflanzenkörper viel Gelegenheit zur Wärmeausstrahlung. Nichts destoweniger läßt sich an stark atmenden Pflanzenteilen eine Selbsterwärmung durch geeignete Vorkehrungen feststellen, besonders bei keimenden Samen und sich öffnenden Blütenknospen. Ist der Grad der Wärmeentwicklung auch gering, so beobachtete man doch z. B. bei den Blütenkolben des italienischen Aronsstabs eine Selbsterwärmung bis zu 40, ja 44° Celsius, eine Temperatur, welche die des menschlichen Blutes noch übertrifft. Hierher gehört auch die wunderbare Erscheinung, daß am Rand der Firnfelder manche Alpenpflanzen (z. B. Soldanellen) ihre Blüten durch den Schnee bohren, indem die in den Blütenknospen sich entwickelnde Wärme den Schnee zum Schmelzen bringt.

Schließlich sei noch angeführt, daß auch das Leuchten mancher Pilzgewebe auf Rechnung der Atmung zu setzen ist (Phosphorescenz). An Stelle der Wärmeentwicklung tritt hier die Entwicklung von Licht. Beim sogenannten leuchtenden Holz leuchtet nicht das Holz, sondern das Pilzgewebe, von dem das Holz durchwuchert ist.

2. Das Wachstum.

Die nächste Folge, der Ernährung ist das Wachstum; denn die durch die überwiegende Assimilation erzeugte Menge von Baustoffen ersetzt nicht nur die in der Atmung verbrannten Teile des Pflanzenkörpers, sondern es wird noch eine ganze Menge erübrigt, welche nun besonders in der Höhe der Vegetationsperiode zur Bildung neuer Pflanzensubstanz verwendet wird, wodurch eine Vergrößerung und Gestaltveränderung der Pflanze, d. h. deren Wachstum, bewirkt wird.

Man kann jedoch nicht jede Vergrößerung des Pflanzen-

körpers als Wachstum bezeichnen; vielmehr ist nötig, daß die Vergrößerung eine bleibende ist. Wenn manche getrocknete Pflanzen (Algen) in Wasser gelegt werden, so quellen sie auf; dies ist aber kein Wachstum. Denn wenn das Wasser wieder verdunstet, so schrumpft der Körper gleich einem Schwamm wieder auf seine frühere Gestalt und Größe zusammen.

Die wichtigste Bedingung des Wachstums ist natürlich die Ernährung; ferner ist es abhängig von Licht und Wärme, sowie von der Schwerkraft und anderen mechanischen Kräften. Das Wachstum geht aus von den sogenannten Vegetationskegeln, wo die neuen Organe angelegt werden. Nachdem die letzteren eine Zeitlang in embryonalem Zustand verharrt haben, strecken sie sich, um ihre endgültige Gestalt und Größe zu erreichen, und dann beginnt in ihnen die innere Ausbildung. Diese Vorgänge wiederholen sich an den fortwachsenden Achsen beständig, bis ihnen die Unterbrechung der Vegetationsperiode ein Ziel setzt. Die embryonale Wachstumsstufe zeichnet sich aus durch andauernde neue Zellbildung mittelst Teilung der Zellen am Vegetationskegel, eine Vergrößerung des Gesamtvolumens ist hier nicht zu beobachten. Die zweite Stufe der Streckung hingegen zeigt vor allem ein Längenwachstum vorhandener Zellen also auch des ganzen Organs; auf der dritten Stufe erfahren sie ihre weitere innere Ausbildung (Dickenwachstum der Zellen u. dergl.). Daß diese Stufen an dem fortwachsenden Stengel ganz allmählich ineinander übergehen, ist selbstverständlich. Natürlich wird es besonders die zweite genannte Stufe sein, auf welcher das eigentliche Wachstum stattfindet.

In der größten Zahl der Fälle ist das Wachstum eng mit Zellteilung verbunden, bezw. es wird von ihm eingeleitet; dabei ist es natürlich sehr von der Richtung der

Zellteilungen abhängig: erfolgen diese immer nur in einer Richtung, so ist das Ergebnis ein fadenförmiges Organ; wenn in zwei Richtungen, so entsteht eine Fläche, und endlich, wenn in drei Richtungen, ein Körper. Alle Fälle finden wir sowohl an ganzen Pflanzen (Algen, Pilze) als auch an einzelnen Organen; bei den höheren Pflanzen überwiegt das körperliche Wachstum. Daß die Zellteilungen am Vegetationskegel nach bestimmten Gesetzen erfolgen, ist selbstverständlich.

Bei den Zellteilungen läßt sich das allgemeine Gesetz beobachten, daß die neuen Wände auf den alten senkrecht stehen, dadurch kommt am Vegetationskegel ein eigenartiges Bild zu Stande: Linien, welche dem Umfang parallel laufen (Periklinen) und solche, welche auf ihm senkrecht stehen (Antiklinen).

Wichtig ist vor allem noch die Frage nach dem Einfluß der äußeren und inneren Kräfte auf die Gestaltung der wachsenden Pflanze.

Es ist hierbei namentlich festzuhalten, daß es neben äußeren Kräften noch innere, uns unbekannte Kräfte giebt, welche bei den Wachstumsvorgängen mitwirken. Jene äußeren Kräfte wirken ja auf alle Pflanzen in gleicher Weise ein; trotzdem aber sind die Wirkungen ganz verschieden; das muß also an der besonderen Eigenart der verschiedenen Pflanzen liegen. Zunächst ist es daher auch die innere Natur der Pflanze, welche bewirkt, daß die Wurzeln an dem abwärtsgerichteten, die Sprosse auf dem aufwärtsgerichteten Teil der Pflanze entstehen. Andererseits wird aber dasselbe Ergebnis durch zwei andere Kräfte erreicht: die Schwere bewirkt, daß die Stoffe, aus denen die Wurzeln entstehen, nach unten wandern, die dagegen, welche Sprosse und Blätter erzeugen, aufwärts steigen; ferner weiß man, daß auch das Licht in in demselben Sinne wirkt, weil Wurzeln auf der vom Lichte

abgekehrten, Sprosse und Blätter auf der ihm zugewandten Seite entstehen. Wenn eine Pflanze über den Boden hinkriecht, wie sich das namentlich bei niederen Pflanzen (Moosen) zeigt, so entstehen die Wurzeln auf der Bauchseite, die Blätter an der Rückenseite. Wenn auch Schwere und Licht diese Wirkung haben, wie sich an geeigneten Versuchen zeigen läßt, so sind die dabei auftretenden Verschiedenheiten doch in letzter Linie auf innere Ursachen zurückzuführen, die wir noch nicht kennen.

Es ist aber sehr wichtig sich wenigstens eine Vorstellung von dem Verhältnis zwischen den inneren und äußeren Ursachen des Wachstums zu machen. Wir fassen dasselbe so auf: die eigentliche *Ursache* des spezifisch so verschiedenartigen Wachstums liefert die innere Konstitution der Energiden (des Plasmas), die darnach auch spezifisch verschieden sein muß. Die sog. äußeren Wachstumsursachen sind eigentlich Wachstums*reize*, die entweder *auslösend* (z. B. Nahrung, Wasser, Wärme) oder *regulierend* (z. B. Schwerkraft, Licht) wirken. Ein Beispiel mag es deutlich machen. Eine Knospe wächst und entfaltet sich nur, wenn die Energiden ihrer Blättchen und des Vegetationskegels noch leben, sonst bleibt sie sicher unverändert. Die mit lebenden Energiden versehene Knospe wächst aber auch nur dann, wenn sie erweckt, ihre schlummernde Energie ausgelöst wird. Das geschieht durch die Wärmestrahlen der Frühlingssonne und durch die aufs Neue zuströmenden Nahrungsstoffe. Das nun eintretende Wachstum wird in seiner Richtung reguliert durch Schwerkraft und Licht, die neuen Blättchen strecken sich also z. B. der Lichtquelle entgegen.

Bezüglich der äußeren Wachstumsreize ist folgendes zu sagen. Die *Wirkung der Nahrungsstoffe* und ihre Notwendig-

Digitized by Google

keit liegt auf der Hand. Hier sei nur noch der Thatsache gedacht, daß die Pflanze den Nahrungsstoffen gegenüber ein eigenartiges Wohlvermögen besitzt, das wir auf die spezifische Konstitution der Energiden zurückführen müssen.

Wir haben schon einer *Wirkung der Schwerkraft* auf die wachsenden Organe der Pflanze, die nicht mehr im embryonalen Zustand zu sein brauchen, gedacht: Die Wurzel wächst in der Richtung der Schwere; sie ist *positiv geotropisch*; der Stengel dagegen wächst in entgegengesetzter Richtung, er ist *negativ geotropisch*. Wird ein in Streckung begriffener Sproß wagerecht gelegt, so krümmt er sich nach oben (wenn seine Zellen verholzt sind, ist dies natürlich nicht mehr möglich). Da sich dann zu gleicher Zeit auch eine Wasseranhäufung in den Zellen der Sproßuntenseite (der konvexen Seite) nachweisen läßt, so hat man dies mit der Krümmung in ursächlichen Zusammenhang gebracht. Bemerkenswert ist es, wie die Knoten der Grashalme noch lange ihren Geotropismus behalten. Wird ein ausgewachsener Grashalm wagerecht umgelegt, so beginnt er sich am Knoten zu krümmen, indem die der Unterlage zugekehrte Seite sich verlängert, die Oberseite sich verkürzt, wodurch es dem liegenden Grase ermöglicht ist, sich wieder zu erheben. — Für diesen ursächlichen Zusammenhang zwischen Schwerkraft und Wachstum liefert folgender Versuch einen schönen Beweis: läßt man Samen auf der sich schnell drehenden Scheibe einer Zentrifugalmaschine keimen, so wachsen die Wurzeln wagrecht nach außen, die Sprosse wagrecht nach innen.

Die *Wirkung des Lichts* auf die sich streckenden Pflanzenteile erkennt man deutlich aus dem schon berührten Versuch, Pflanzen im Dunkeln wachsen zu lassen: die Sproßachsen werden sehr lang, bleiben aber dünn, die Blätter da-

Digitized by Google

gegen, wenigstens ihre Spreiten, werden bedeutend kleiner, und die Ausbildung des Blattgrüns unterbleibt. Es läßt sich übrigens denken, daß hierbei das aus Mangel an Blattgrün zu erklärende Ausbleiben der Assimilation eine sehr wichtige Rolle spielt. Man bezeichnet diese abnorme Wachstumerscheinung als „Etiolement"; das Licht hemmt also und Lichtausschluß fördert das Längenwachstum. Aehnliches zeigen einseitig beleuchtete Sprosse: indem die vom Licht abgekehrte Seite stärker, die andere schwächer in die Länge wächst, macht das betreffende Organ eine Krümmung nach dem Licht hin, was man als positiven Heliotropismus bezeichnet. Es giebt aber auch einen negativen; manche Ranken z. B. krümmen sich nach der weniger beleuchteten Seite (Wein).

Daß auch die Wärme auf das Wachsen der Pflanzen Einfluß hat, läßt sich denken: unter einer für jede Pflanze eigenen Temperaturgrenze hört das Wachstum auf, wie schon das Verhalten der Pflanzenwelt bei Eintritt der kälteren Jahreszeit zeigt. Von dieser Grenze an steigt die Energie des Wachstums bis zu einem Höhepunkt und nimmt dann wieder ab bis zu einer oberen Temperaturgrenze, über die hinaus die Pflanze nicht mehr wächst (Minimum, Optimum, Maximum der Wachstumsenergie). Einen besonders wichtigen Einfluß hat das Wasser auf das Wachstum. Die Zellen der embryonalen Wachstumsregion sind ganz mit Plasma erfüllt; je größer sie in der zweiten Streckungs-Region werden, desto mehr Wasser enthalten sie. Dasselbe wird von organischen Säuren und ihren Kalisalzen angezogen, filtriert durch die Zellwand hindurch, wird aber von dem Plasma (Primordialschlauch) zurückgehalten und spannt daher die Wände an; das nennt man Turgor. Die Ausdehnung der Zellwände durch Turgor ist eine der wichtigsten Ursachen der Streckung eines Organs.

Digitized by Google

Die durch Wachstum hervorgerufenen Aenderungen bewirken mit zwei anderen Erscheinungen, nämlich dem Turgor und der Imbibition, das, was man als Gewebespannung bezeichnet. Wenn eine Zelle viel Wasser aufgenommen hat und die Membran dann durch den Turgor angespannt wird, so wird dies die Sproßachse mechanisch kräftigen. Einen starken Turgor zeigt das Mark, auch die inneren Gewebe den äußeren gegenüber; legt man z. B. einen gespaltenen Blütenschaft des Löwenzahns in Wasser, so krümmt er sich stark, weil die Innenfläche durch Turgor sich verlängert. — Die Imbibition ist eine der bemerkenswertesten Eigenschaften der Zellhaut; man versteht darunter die Fähigkeit, zwischen die Moleküle der Membran Wassermoleküle einzulagern, wodurch dieselbe aufquillt. Dies geschieht oft mit außerordentlicher Gewalt; man denke daran, welche Gewalt der quellende Same hat, ebenso ein trockenes Stück Holz, das man mit Wasser tränkt.

Die Längsspannung des Marks einerseits, der Rinde und des Holzes andererseits ist verschieden. Das Mark ist bestrebt sich auszudehnen, Holz und Rinde sich zusammenzuziehen. Beides gleicht sich aus. Die Längsspannung nimmt mit dem Alter der Internodien zu und dann wieder ab. Als Ursache der Längsspannung ist wohl anzusehen, daß das Mark schneller wächst als Rinde und Holz und daß es wegen schneller Wasseraufnahme einen stärkeren Turgor zeigt. Daneben giebt es nun auch eine Querspannung. Löst man die Rinde vom Holz, so läßt sie sich nicht mehr vollständig um das Holz legen. Dieses hat also das Bestreben, sich auszudehnen, wird aber durch die entgegengesetzte Spannung der Rinde darin gehemmt. Es liegt auf der Hand, daß hierbei das Dickenwachstum sowie Turgor und Imbibition eine

Digitized by Google

Rolle spielen. Es könnte merkwürdig erscheinen, daß die zarten Kambiumzellen nicht von dem Druck von innen und außen beeinflußt werden. Der Grund ist sicherlich der starke in den Kambiumzellen herrschende Turgor.

3. Die Reizbewegungen.

Das Leben besteht in einer Wechselwirkung des Organismus mit der Außenwelt. Die Außenwelt wirkt in gewissen Reizen auf den Organismus ein, und dieser antwortet darauf in bestimmter Weise. Diese Antwort besteht gewöhnlich in einer Bewegung. Natürlich ist aber nicht jede Bewegung eine Reizbewegung. Wenn man manche tote Pflanzen, z. B. Algen, Flechten oder die bekannte Rose von Jericho, in Wasser legt, so erfahren sie durch Aufnahme von Wasser eine Volumenänderung und vollführen dadurch eine Bewegung. Dies ist rein physikalisch zu erklären, also auch keine Reizbewegung, sondern eine mechanische Bewegung. Dagegen sahen wir, daß an einem Keimpflänzchen Schwerkraft, Licht und auch wohl Feuchtigkeit einen derartigen Reiz ausüben, daß die Wurzel nach unten, der Stengel nach oben wächst. Diese verschiedenartige Antwort auf einen und denselben Reiz läßt sich nur derart erklären, daß das Leben hier eine besondere Rolle spielt; unsere physikalischen Gesetze lassen uns dabei durchaus im Stich. Es ist daher ein Unding, zu behaupten, daß die Lebenserscheinungen sich mechanisch erklären lassen, und wenn man auch von dem Begriff der „Lebenskraft", d. h. einer besonderen im Organismus wirkenden Kraft, abgehen zu müssen glaubte, so ist man dadurch der Erklärung der Lebenserscheinungen auch nicht um einen Zoll näher gekommen. Ja, ein neuerer Forscher, Kerner, erklärt, er nehme keinen Anstand, „jene mit keiner andern zu identifizierende Naturkraft, deren

Digitized by Google

eigentümliche Wirkungen wir das Leben nennen, wieder als Lebenskraft zu bezeichnen."

Als den Träger des Lebens betrachten wir das Protoplasma; thatsächlich gehen auch alle Reizbewegungen entweder mittelbar oder unmittelbar von ihm aus. Tote, d. h. protoplasmaloſe Zellen antworten nicht auf einen Reiz und das Protoplasma als ſolches zeigt auch Reizbewegungen, wie man an niedrigen Algen und Pilzen, an Schwärmſporen, ja auch an der lebenden Zelle höherer Pflanzen beobachtet. Dieſe Protoplasmabewegung erfolgt einmal durch Geißeln. Es giebt Schwärmſporen von Algen und Pilzen, welche fadenförmige Organe, Geißeln oder Cilien beſitzen, durch deren ſchwingende Bewegung ſie ſich hin und her bewegen. Andererſeits kann die Protoplasmabewegung amöboïd ſein, ähnlich den niedrigſten Rhizopoden, den Amöben, beſitzen auch die Schleimpilze in gewiſſen Lebensſtadien die Fähigkeit, fußartige Fortſätze des Plasmas auszuſtrecken und wieder einzuziehen und dadurch ſich kriechend fort zu bewegen. Ueber die ſtrömende Bewegung der in Zellen eingeſchloſſenen Energiden haben wir ſchon geſprochen.

Die Bewegungen von Organen laſſen ſich zunächſt unterſcheiden als ſolche, die an wachſenden Organen, und ſolche die an ausgewachſenen ſtattfinden. Läßt ſich bei der Bewegung wachſender Organe eine äußere, ſie veranlaſſende Urſache erkennen, ſo ſind es Reizbewegungen, im anderen Fall dagegen Nutationsbewegungen.

Wir gehen zunächſt auf die erſteren ein und weiſen auf das zurück, was wir von Geotropismus und Heliotropismus geſagt haben; denn die darauf beruhenden Erſcheinungen ſind Reizbewegungen. Nur weniges ſei hier noch hinzugefügt. Läßt man eine Bohne auf Queckſilber keimen,

Digitized by Google

so wächst die Wurzel in dieses hinein; so stark ist also der Reiz und die Kraft des Protoplasmas, daß die Wurzel den starken Widerstand des Quecksilbers überwindet.

Es giebt sogenannte Ampelpflanzen und manche Mauerpflanzen (z. B. Mauer-Leinkraut), welche zu schwach sind, sich aufrecht zu erhalten; ihre Sproßachse folgt daher nicht dem Reiz der sie sonst aufrichtenden Schwerkraft, sondern sie wachsen der Erde zu. Wenn dagegen eine mit Windungsfähigkeit begabte Pflanze (Bohne) gezwungen wird, abwärts zu wachsen, so krümmen sich die noch in Streckung befindlichen Teile nach oben. Zu gleicher Zeit zeigt sich aber auch eine heliotropische Erscheinung; denn die Blätter wenden sich nach oben und kehren ihre Oberseite dem Licht zu. Eine wichtige Reizbewegung ist diejenige der sogenannten windenden Pflanzen. Daß hier auch Wachstum stattfindet, dürfte von vornherein klar sein; das Eigenartige ist dabei, daß die Zone stärkeren Wachstums *stets* nach außen liegt und dabei spiralig fortschreitet, was eine Spiralkrümmung der ganzen Sproßachse bewirkt. Wenn man eine windende Pflanze einer stetigen langsamen Drehung (am sog. Klinostaten) aussetzt, so windet sie nicht mehr. Das Winden erfolgt ferner immer nur an senkrechten Stützen *nach oben*; daraus geht hervor, daß hierbei ein Schwerkraftreiz wirksam ist, daß also das Winden auf einer besonderen Art von Geotropismus beruht.

Daß die Blätter unter dem Einfluß des Heliotropismus eine bestimmte Stellung einnehmen, ist schon erwähnt worden; sie wenden ihre Assimilationsfläche (Oberseite) möglichst dem Lichte zu. Andererseits suchen sie sich auch oft durch ihre Stellung vor zu starker Bestrahlung durch die Sonne zu schützen. An jedem Baum und Strauch (z. B. Hasel) läßt sich leicht sehen, daß die wagerecht wachsenden Zweige sowohl

Digitized by Google

als die senkrechten wagerecht gestellte Blätter besitzen. An Mauerpflanzen zeigt sich oft sehr schön, wie sich die Blätter, ein sog. Blattmosaik bildend, neben einander legen und sich gegenseitig Platz machen, ohne sich zu hindern (Glaskraut Fig. 23). Manche Früchte wenden sich dagegen umgekehrt dem Dunkeln zu.

Zu den Reizen, welche eine Bewegung bewirken können,

Fig. 50.
Colchicum autumnale, Herbstzeitlose, offene Blüte (am Tage).

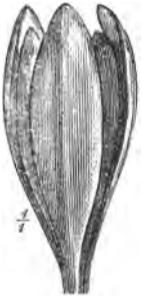

Fig 51.
Dasselbe, geschlossene Blüte (bei Nacht).

gehört auch Berührung und Reibung, das zeigen die Rankenpflanzen (s. S. 72). Die Gipfelenden derselben, sowie die jungen Ranken machen kreisende Nutationen (s. unten), hat eine Ranke jedoch eine Stütze gefunden, gleichviel ob vertikal, schief oder horizontal, so legt sie sich um dieselbe herum und umwickelt sie in mehreren Windungen, wobei der rückwärts gelegene Teil der Ranke sich auch spiralig aufrollt, ein Zeichen dafür, daß sich der Reiz auch fortpflanzt. Auch Wärme, Wasser und chemische Stoffe können Reizwirkungen hervorrufen.

Eine zweite Gruppe von Wachstumsbewegungen sind die Nutationsbewegungen, d. h. Krümmungen, welche sich

auf ungleiches Wachstum von Ober- und Unterseite zurückführen lassen, wobei ein bestimmter äußerer Reiz nicht zu erkennen ist. Hier hört die Bewegungsfähigkeit auch mit Beendigung des Wachstums auf. Aehnlich ist es, doch mit periodischer Wiederholung, wenn eine Blattseite sich infolge stärkeren Wachstums bei Tag bezw. Nacht hebt: die Blätter vom Flachs heben sich in der Nacht, weil dann die Unterseite stärker wächst; beim Windenknöterich senken sie sich, weil die Oberseite nachts stärker wächst. Aehnliches zeigen viele Blüten, die sich tags öffnen, nachts schließen oder umgekehrt (Herbstzeitlose Fig. 50 und 51). Diese Erscheinung tritt oft auch schon bei Schwankungen in der Beleuchtung ein (Tulpe).

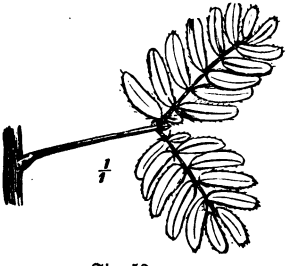

Fig. 52.
Mimosa pudica, Sinnpflanze, geöffnetes Blatt (in Ruhe).

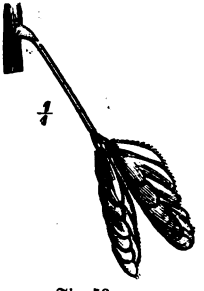

Fig. 53.
Dieselbe, geschlossenes und gesenktes Blatt (nach Erschütterung).

Im Gegensatz zu den bisher erörterten Bewegungen hören die Variationsbewegungen mit der Streckung des Organs nicht auf, sondern erfolgen auf einen gewissen Reiz hin von neuem. Dahin gehört die Bewegung der Sinnpflanze (Mimosa pudica), deren Fiederblättchen und Blätter sich bei Erschütterung senken (Fig. 52 und 53); ähnlich bewegen sich bei Berührung

Digitized by Google

manche Staubgefäße (Kompositen z. B. Kornblume). Die Bewegung beruht hier überall darauf, daß aus einem dann stets vorhandenen starken Parenchymgewebe (Schwellpolster) das Wasser in andere Zellen oder in Intercellularräume tritt. — Diese Variationsbewegungen sind auch oft die Antwort auf einen Licht- oder Temperaturreiz; so legen sich die Blätter der Sinnpflanze auch im Dunkeln zusammen, ähnlich die Blätter des Sauerklees und vieler Leguminosen (Klee, Wicke). Man nennt dies dann bezeichnend Schlafbewegung (Tag- und Nachtstellung) und führt dieselbe auf die durch Turgor hervorgerufene Gewebespannung in den Zellen eines Schwellpolsters zurück.

Zum Schluß sei noch bemerkt, daß die hier erörterten Reizbewegungen eine Störung dadurch erleiden können, daß die Reize von außen zu stark sind. Das überreizte Organ verliert dann zeitweilig seine Beweglichkeit und befindet sich im Zustand der Starre. Die Ausdrücke Kältestarre, Wärmestarre, Dunkelstarre, Trockenstarre sind darnach leicht verständlich.

4. Die Fortpflanzung.

a) Die Arten der Fortpflanzung.

Die bisher besprochenen Verrichtungen bezwecken in erster Linie die Erhaltung des Einzelwesens. Damit ist aber der Endzweck des Lebens noch nicht erfüllt: jedes Lebewesen hat auch noch für die Erhaltung der Art zu sorgen, da ja sonst mit dem Tod der eben die Erde bevölkernden Organismen alles Leben von ihr verschwinden würde. Es ist also ein für den Gesamthaushalt der Natur überaus wichtiges Kapitel des Pflanzenlebens, das wir zum Schluß noch zu behandeln haben.

Digitized by Google

Wir haben zunächst eine Reihe von Erscheinungen in Betracht zu ziehen, welche nicht sowohl der eigentlichen Fortpflanzung als vielmehr der Vermehrung angehören. Die Pflanzen haben nämlich vor den Tieren ein Vermögen voraus, das für sie sehr wichtig wird. Wenn man will, ist die Fortpflanzung bei den Pflanzen vielmehr als bei den Tieren einem gewissen Zufall unterworfen; es ist daher für sie von Bedeutung, daß sie Ersatzmittel besitzen. Das Tier hat einen viel einheitlicheren Körper als die Pflanze; die Organe sind bei ihm viel mehr von einem Grundgedanken beherrscht und werden von einem Zentralorgan, dem Nervensystem, regiert. Die Pflanze hingegen bewahrt ihren Organen eine viel größere Selbständigkeit, und diese äußert sich vor allem darin, daß sich Teile der Pflanze loslösen und neue Pflanzen bilden können (vegetative Vermehrung). Jeder weiß, daß man durch Ableger, Absenker usw. eine Pflanze vermehren kann; wenn man einen Sproß von der Pflanze loslöst und in die Erde bringt, kann er selbständig werden: sein unterer Teil erzeugt Wurzeln, der obere wächst als Sproß weiter, dadurch ist der Anfang zu einer neuen Pflanze gemacht. Manche Pflanzen, wie z. B. die Schiefblätter (Begonien), gehen darin so weit, daß ein Blattstück neue Pflanzen erzeugen kann.

Dem Prinzip nach gehört hierher auch die Vermehrung durch Ausläufer, Knollen, Zwiebeln, Brutknospen (s. oben). Hingegen ist das Kopulieren, Pfropfen und Okulieren im Grunde etwas anderes, weil es sich dabei nicht sowohl um eine Vermehrung, als vielmehr um künstliche Veredlung einer Pflanze behandelt. — Die vegetative Vermehrung der Pflanze tritt vielfach dann ein, wenn die andere aus irgend welchen Gründen nicht möglich ist. Manche Pflanzen sind auf sie völlig angewiesen, besonders niedere Algen und Pilze (Teilung der Bakterien).

Die Fortpflanzung im engeren Sinne ist eine geschlechtliche, d. h. die neue Pflanze entsteht als Produkt der Vereinigung von zwei Zellen (Gameten). Dieselbe ist nun aber durchaus nicht im ganzen Pflanzenreich eine gleichartige, vielmehr zeigt sie mit der steigenden Ausbildung der Pflanzen auch eine Vervollkommnung. Es dient zum näheren Verständnis der Sache, wenn wir dieser Vervollkommnung zuerst kurz gedenken. Der allereinfachste Fall ist, daß die Pflanzen zwei gleiche Zellen bilden, deren Inhalt miteinander verschmilzt (manche Algen und Pilze). Ist dagegen ein Unterschied zwischen beiden Zellen zu beobachtet, so trennt man sie als männlich und weiblich und bezeichnet den Vereinigungsvorgang als Befruchtung. Der auffallendste Unterschied zwischen beiden Zellen ist, daß die weibliche unbeweglich (Eizelle genannt), die männliche beweglich ist; doch fehlt es auch nicht an Beispielen, wo die männliche unbeweglich ist; so bei den die Kartoffelkrankheit erzeugenden Pilzen, sowie bei den Rotalgen (Floridеen). Die Stufe der unbeweglichen Eizelle und beweglichen männlichen Zelle vertreten besonders Moose und Farne. Hier entsteht die Eizelle in einem einfachen, mehr oder weniger flaschenförmigen Gebilde, dem Archegonium, die Spermatozoiden genannten männlichen Zellen in mehr keulenförmigen Antheridien. Die Spermatozoiden sind fadenförmige Zellen mit Geißeln oder Wimpern, welche sich auf einer feuchten Unterlage fortbewegen können. Da die Träger dieser Organe stets kleine Pflänzchen sind, so vermögen die Spermatozoiden auf diese Weise leicht zu den Archegonien zu gelangen. Das Ergebnis der Befruchtung ist in dem einfachsten obengenannten Falle eine Zelle, die man Zygospore nennt und welche zu einer neuen Pflanze anwachsen kann. Ist eine Eizelle vorhanden,

die durch ein Spermatozoid befruchtet wird, so nennt man die entstehende Spore eine Oospore; dagegen ist bei den Moosen das Ergebnis der Befruchtung die Bildung eines Sporogoniums, das heißt einer Mooskapsel, in der die Sporen entstehen. Unter Sporen versteht man die einzelligen Fortpflanzungskörperchen, aus denen durch Keimung ein neues Individuum entsteht. Bei den Gefäßsporenpflanzen endlich bildet sich aus der auf einem Vorkeime befindlichen befruchteten Eizelle die junge Pflanze auf deren Blättern in den Sporangien viel später ungeschlechtlich die Sporen entstehen, und zwar bei vielen hierher gehörigen Pflanzen verschiedene Sporen (Makro- und Mikrosporen) in verschiedenen Sporangien (Makro- und Mikrosporangien).

Was die höheren Pflanzen, die sog. Samenpflanzen, betrifft, so haben wir deren Blütenverhältnisse schon genügend erörtert. Allein zum Verständnis des Zusammerhangs zwischen ihnen und den niedrigeren Pflanzen ist noch folgendes zu bemerken: Wie die höheren Gefäßsporenpflanzen, so besitzen auch die Samenpflanzen Makro- und Mikrosporen, nämlich Embryosak, bezw. Pollenkorn. Aus diesen Sporen entstehen bei den Gefäßsporenpflanzen Vorkeime und auf ihnen die eigentlichen Geschlechtsorgane: Spermatozoiden und Eizelle, bei den Samenpflanzen ist die Vorkeimbildung sehr reduziert. Aber auch hier entsteht im Pollenkorn eine das Spermatozoid vertretende Substanz und im Embryosack eine Eizelle; bei beiden Pflanzenabteilungen besteht dann der Befruchtungsvorgang in der Verschmelzung der sich entsprechenden Geschlechtsorgane. Bei beiden ist auch die Folge der Befruchtung ein lebhafter Wachstumsprozeß der Eizelle, allein bei den Gefäßsporenpflanzen geht aus ihr sofort ohne Unterbrechung die fertige Pflanze hervor, bei den Samenpflanzen dagegen der Samen, welcher

zwar die junge Pflanze in sich en miniature birgt, der aber doch erst eine Ruheperiode durchmacht, ehe er auswächst. In beiden Abteilungen werden später auf der fertigen Pflanze auf besonders gestalteten Blattorganen die Makro- und Mikrosporen ungeschlechtlich gebildet.

Bei den Samenpflanzen wird nun aber der Befruchtungsvorgang durch einen besonderen Akt, die Bestäubung, eingeleitet.

b) Die Bestäubung.

Der Blütenstaub ist ein unbeweglicher, männlicher Gamet. Um zur Narbe zu gelangen, bedarf er meist eines besonderen Fuhrwerks. Bei Zwitterblüten sollte man meinen, könnte der Blütenstaub leicht auf die Narbe derselben Blüte gelangen; allein eine derartige Selbstbestäubung tritt verhältnismäßig selten ein; Fremdbestäubung wird bevorzugt, da sie kräftigere Nachkommenschaft sichert. Sind Staub- und Fruchtblätter auf verschiedene Blüten oder gar Pflanzen verteilt, so ist natürlich die Fremdbestäubung Gesetz.

Eine außerordentliche Fülle verschiedenartiger Vorrichtungen sichert bei Zwitterblüten die Fremdbestäubung. Wir erwähnen kurz folgende Fälle. Oft werden Staub- und Fruchtblätter zu verschiedenen Zeiten reif, so daß die Narbe noch nicht bestäubungsfähig ist, wenn der Pollen die Antheren verläßt. Man nennt dies Dichogamie (Aristolochia, Wegerich, Ruta u. a.). Oft stehen Staub- und Fruchtblätter derart, daß ein direkter Verkehr zwischen beiden völlig ausgeschlossen erscheint, oder sie sind in ihrer Länge so verschieden, daß zur Bestäubung fremde Hilfe nötig ist.

Uebrigens ist die Fremdbestäubung doch nicht so unbedingtes Gesetz, wie man eine Zeit lang dachte; vielmehr weiß

Digitized by Google

man, daß in manchen Fällen Selbstbestäubung eintritt, ja, daß diese oft durch besondere Vorkehrungen ermöglicht wird, wenn die Blüte vergebens auf Fremdbestäubung gewartet hat.

Welcher Fuhrwerke bedient sich nun die Pflanze zum Transport des Blütenstaubs? Des Windes und der Tiere. Wenn der Pollen sehr leicht und in großen Massen vorhanden ist, genügt ein Windstoß, um eine Wolke desselben den Fruchtblattblüten zuzuführen. Derartige Windblütler sind namentlich unsere monöcischen und diöcischen Holzpflanzen (Eiche, Buche, Hasel u. s. w. einerseits, Pappeln andererseits). Verbreiteter sind die Tierblütler. Besonders Insekten, (seltener Vögel, in den Tropen) leisten der Pflanze den Botendienst.

Wir haben schon gesehen, daß die Insekten in der Blüte Honig und Blütenstaub suchen und daß sie dadurch, sowie durch bunte Farben und angenehmen Geruch angelockt werden. Hier wollen wir nur noch eines Umstandes gedenken. Honig ist ein vielbegehrter Artikel in der Insektenwelt. Aber nicht jedes Insekt würde die Uebertragung des Blütenstaubs erfolgreich bewirken können; daher muß die Pflanze ihren süßen Schatz vor Dieben und unberufenen Gästen schützen. Dies geschieht oft durch die Beschaffenheit der Blumenkrone, die für gewöhnlich geschlossen ist; so hat z. B. das Löwenmaul eine fallthürartige Einrichtung; oder die Blüte ist so gebaut, daß nur bestimmte Insekten sie bestäuben können, weil Länge der Teile und die Stellungsverhältnisse derart sind, daß nur ein bestimmter Rüssel zum Honig gelangen kann. Hierbei ist dann stets dafür gesorgt, daß der Blütenstaub sich an einer Körperstelle des Insekts ablagert, welche nachher die Narbe einer anderen Blüte streifen wird. Die Mannigfaltigkeit der Fälle ist fast so groß wie die Mannigfaltigkeit der Blütenformen.

Digitized by Google

Die Pollenträger von Pflanze zu Pflanze sind besonders Schmetterlinge, Bienen und Hummeln. Ist die Blüte auf Schmetterlinge angewiesen, so hat sie, da diese sehr lange Rüssel haben, eine dementsprechend lange Blumenkronenröhre, aus welcher Staubgefäße und Stempel lang hervorragen, z. B. Geisblatt. Obendrein haben sie, da es sich hierbei meist um Nacht- oder Dämmerungsfalter handelt, eine helleuchtende Farbe und nur abends und nachts eintretenden Geruch.

Ein leicht zugängliches Beispiel bietet das Veilchen. Hier hat der Stempel einen nach unten verdünnten und umgebogenen Griffel (Fig. 35, a), und die Staubgefäße (Fig.

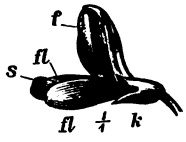

Fig. 54.

Genista tinctoria, Färberginster, Schmetterlingsblüte, zur Bestäubung bereit
k Kelch, f Fahne, fl Flügel, s Schiffchen.

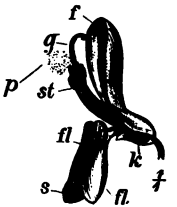

Fig. 55.

Dieselbe, Blüte nach der Bestäubung, Flügel und Schiffchen sind heruntergeklappt, Staubgefäße st und Griffel g nach oben gerichtet, p Pollenwolke, die dabei entlassen wurde.

32 f) besitzen einen Honig absondernden Sporn, sowie an der Spitze ein Anhängsel: alle fünf stehen um den Griffel herum, und die Anhängsel schließen so zusammen, daß sie am Griffel einen Hohlraum bilden. Die Blüte hängt an langem Stiel nach unten, und der trockene Blütenstaub fällt bei der Reife in jenen Hohlraum. Hängt sich nun eine Biene an die Veilchenblüte, so muß sie, um zum Honig zu gelangen, den

Digitized by Google

Griffel zurückbiegen, was vermöge der Verdünnung und Umbiegung leicht geht; dabei fällt dann aber der Pollen auf ihren Kopf und wird an der Narbe der nächsten von ihr besuchten Blüte abgestreift.

Ein bemerkenswertes Beispiel zeigen auch die Figuren 54—56, nämlich die Schmetterlingsblüte. Von den fünf Blumenblättern steht eines hoch aufgerichtet, die Fahne; sie lockt die Insekten von weitem an. Zur Seite stehen zwei Flügel und zwischen diesen zwei fast verwachsene Blätter, die das Schiffchen bilden (Fig. 56, s). Die Flügel haben auf beiden Seiten einen Höcker, und in diesen ragt von innen ein Höcker des Schiffchens (Fig. 56), so daß die vier Blätter eng in einander greifen. Da sie sich aber in dieser Lage in Spannung befinden, so verlassen sie dieselbe leicht, wenn auf eine Vorwölbung des Flügels gedrückt wird, und schnellen nach unten. In dem Schiffchen liegen die 10 Staubgefäße, deren Staubfäden unten zu einer Röhre verwachsen sind (Fig. 33, i), sowie der federig gespannte Griffel (Fig. 38, h). Die Antheren öffnen sich früh und lagern den Pollen in dem Schiffchen ab. Wenn nun ein Insekt auf die Flügel drückt, so fahren diese samt dem Schiffchen nach unten und die Staubgefäße nach oben, so daß der Blütenstaub in einer Wolke aus dem Schiffchen geschleudert wird, wie das Fig. 55 darstellt. Der Blütenstaub wird dabei auf dem Unterleib des Insekts abgelagert, und wenn dasselbe dann eine andere Blüte mit emporstehender Narbe besucht, muß es notwendig den Polen auf derselben abstreifen.

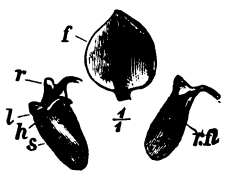

Fig. 53.
Dieselbe, Teile der Schmetterlingsblüte.
f Fahne, rfl rechter Flügel, s Schiffchen, hieran l linke Hälfte, r rechte Hälfte, h Höcker.

c) Die Befruchtung.

Wenn der Pollen auf die Narbe des Stempels gelangt ist, so sind die beiden die Befruchtung bewirkenden Zellen noch immer nicht in unmittelbarer Berührung. Der Befruchtungsvorgang beginnt daher mit einer weiteren Vorbereitung; diese besteht darin, daß das Pollenkorn auf der feuchten Narbe keimt, und einen Schlauch durch das Griffelgewebe zum Fruchtknoten hinabsendet (Fig. 34). Derselbe sucht hier die Samenknospe auf und wächst durch die Mikropyle zur Eizelle hin. Nun beginnt der eigentliche Befruchtungsakt, der darin besteht, daß nach Durchbohrung der Wände eine sogenannte generative Zelle des Pollenschlauchs mit ihrem Spermakern zur Eizelle übertritt und sich mit ihr vereinigt.

Die Eizelle besitzt kein Nuclein (ein Eiweißstoff), den dagegen der Spermakern reichlich enthält. Durch die Befruchtung wird daher die Eizelle gewissermaßen erst vervollständigt, und die Folge ist, daß sie sich nun energisch teilt, woraus schließlich in gesetzmäßiger Weise ein Zellkörper hervorgeht, der Keimling, welcher die oben beschriebenen Teile, Samenlappen, Knöspchen und Würzelchen, zeigt.

Während in der Samenknospe diese Wachstumsvorgänge stattfinden, beginnt auch, durch die Befruchtung angeregt, in der Fruchtknotenwand eine Aenderung: aus dem Fruchtknoten wird die Frucht, oft mit Zuhilfenahme anderer Blütenteile, besonders der Achse (s. oben).

d) Sorge der Pflanzen für die Nachkommenschaft.

Eigenliebe ist nicht die alleinige Triebfeder des Naturlebens, wie so oft behauptet wird: es giebt vielmehr überall in der Natur Vorkommnisse, die von einem Gesetz der Liebe und gegenseitigen Hilfeleistung Zeugnis ablegen, und dahin

gehört in erster Linie die Fürsorge für die Nachkommenschaft, die Brutpflege, wie man es nennen könnte.

Es erscheint fast widersinnig, eine solche auch in der Pflanzenwelt zu suchen, und doch findet sie sich hier oft sehr deutlich ausgesprochen. Es mag genügen, hier noch einmal darauf hinzuweisen, daß die Pflanze nicht nur ihrer Nachkommenschaft, dem Samen, für die Zeit, die bis zur Keimung verstreicht, Schutzmittel mitgiebt, sondern auch dafür sorgt, daß er an Stellen gelangt, die sich zur Keimung eignen.

Muß der Same bis zur Keimung eine längere Wartezeit durchmachen, so ist er durch lederartige, oft sogar steinharte Beschaffenheit des Fruchtgehäuses oder der Samenschale gegen die Unbilden der Witterung geschützt (Nuß, Kirschkern). Soll er den Verdauungskanal eines Tieres durchwandern, so ist es ähnlich (Johannisbeere, Blaubeere), s. oben.

Wie durch Flugvorrichtungen an Frucht und Samen oder durch Tiere die Samen an andere, der Keimung günstige Orte getragen werden, haben wir schon gesehen. Zum Teil sind die Tiere unfreiwillige Boten; dann heften sich die Früchte mittelst Haaren und Haken (Fig. 49) ihrem Felle an; oder die Tiere suchen die Früchte auf, weil sie ihnen ein Genußmittel bieten.

Schlußwort.

Wenn mir der Leser in freundlicher Geduld bis an den Schluß dieses Büchleins gefolgt ist, so habe ich eine Frage und eine Bitte an ihn zu richten.

Die Frage lautet: was dünkt dich nach dem Gehörten vom Leben der Natur?

Digitized by Google

Ist's wahr, was dieser und jener sagt, daß es blinde Gesetze sind, die mechanisch walten im Stein, im Tier, in der Pflanze und schließlich auch in deinem Hirn, wenn du über meine Frage nachsinnst? Laß den ganzen Inhalt eines Pflanzenlebens an deinem Geiste vorüberziehen: ist es eine tote Maschine, die aufgezogen ist und dann ihr Räderwerk abschnurren läßt, eine Spieldose, die ihr Liedlein ableiert? Leben wir in einer mechanischen Welt, oder giebt es noch ein besonderes Gesetz des Lebens, das dich in gleicher Weise durchdringt wie das Gänseblümchen am Wege?

Heißt es auch bei dir: „Ein Narr wartet auf Antwort?" oder ahnst du eine ewige Weisheit, welche nicht in blinden, mechanischen, sondern in einsichtsvollen, zweckmäßigen Gesetzen die wunderbare Welt regiert? Und auf welcher Seite bleiben bei diesen beiden Auffassungen die größeren Rätsel?

Und bist du, lieber Leser, mir mit ein wenig Teilnahme durch die Pflanzenkunde bis hierher gefolgt, so habe ich als Führerlohn eine kleine Bitte, die lautet: Wenn du dieses Büchlein aus der Hand gelegt hast, dann lege damit doch die Pflanzenkunde nicht aus der Hand, sondern forsche nun selbst in dem großen Buch der Natur, wo alles, was du hier gelesen hast, viel deutlicher und kräftiger und anregender geschrieben steht, als meine schwache Feder es vermochte!

Jede Pflanze verkündet dir nun die ew'gen Gesetze,
Jede Blume, sie spricht lauter und lauter mit dir.
Aber entzifferst du hier der Gottheit heilige Lettern:
Ueberall siehst du sie dann, auch im veränderten Zug.

Digitized by Google

Register.

Ableger 132.
Absenker 132.
Abort 85.
Ackergauchheil 93.
Ahorn 93, 102.
Adern 30
Adventivsprosse 47, 51.
Aehre 49.
Aestivation 85.
Aetherisches Oel 28.
Agaven 69.
Agrimonia eupatoria 103
Algen 79, 103, 120, 121, 126, 127, 133.
Alkaloide 116.
alternierend 84.
Ampelpflanzen 128.
Anatomie 7.
anatrop 95.
Androeceum 91.
Anemone 94.
Angiospermen 96.
Anschluß der Blüte 85.
Anthere 91.
Antiklinen 121.
Apfelfrucht 101.
Archegonium 133.
Arbeitswerkzeug 34.
Arbeitsteilung 79.
Arillus 105.
Aristolochia 135.
Aronsstab 119.
Asparagin 115.
Asparagus officinalis 67.
Assimilation 106, 114.
Atemhöhle 111.
Atmung 7, 117.
Atriplex latifolia 53.
atrop 95.
Ausläufer 64, 72, 132.
Außenkelch 88, 91, 99.
Auswurfstoffe 28.

Bärenklau 99.
Bakterien 113, 132.
Balgfrucht 98.
Balsamstoffe 28.
Bast 21, 24.
Baumechanik der Achse 44.
Beere 99, 100.
Befruchtung 96, 103, 133, 139.
Begonia 48, 89, 132.
Berberitze 70.
Besenstrauch 112.
Bestäubung 135.
Biegungsfestigkeit 33, 44.
Bienensaug 86.
bilateral 58.
Bingelkraut 54.
Binse 23, 50.
Biologie 7.
Blatt 30, 36, 51. ff.
Blattfläche 53.
Blattgrund 52, 61.
Blattgrün 14, 114.
Blattstellung 58.
Blattstiel 51, 52.
Blaubeere 140.
Blumenblätter 59, 83.
Blumenkrone 87, 89.
Blüte 62, 83, 119.
Blütenboden 86.
Blütenhülle 83, 87 ff.
Blütensproß 81.
Blütenstand 82.
Blütenstaub 92. [128.
Bohne 51, 59, 71, 104, 108,
Bohrapparat 97.
Borke 28.
Brennhaare 81.
Brennnessel 77.
Brombeere 101.
Brutknospen 50, 132.
Buche 60, 97, 136.

Bryonia dioica 74.

Calluna vulgaris 92.
Cardiospermum halicacabum 95.
Carpell 93.
Cellulose 11.
Centaurea scabiosa 102.
Characeen 79.
chemische Grundstoffe 107.
Chlorophyll 14, 19, 114.
Chloroplasten 14.
Chromoplasten 15.
Cladodien 69, 80.
Clematis 102. [129.
Colchicum autumnale
Convallaria majalis 53.
Convolvulus 97.
Crataegus oxyacantha
Cuscuta 77. [70.
Cyclanthera pedata 56.
cymös 48.
cymöse Dolde 50.

Dauergewebe 19.
Diagramm 84.
Diastase 116.
Dichasium 50.
Dichogamie 135.
Dichotomie 48.
Dickblätter 69. [32
Dickenwachstum 13, 23 ff.
Diffusion 109.
Dikotyledonen 57, 59.
Dimer 84.
Dionaea 74. [98.
Diplotaxis tenuifolia 83,
Diskus 87, 99.
Dolde 49.
Doldengewächse 87, 99.
Dornen 43, 69, 81.
Drosera 73, 75.

Digitized by Google

Drosophyllum 74.
Drüse 87.
Drüsenhaare 81.
Dunkelstarre 131.

Echte Früchte 97 ff.
Eibe 104.
Eiche 54, 97 ff., 136.
Eichel 104.
eingeschlechtig 83.
Eiweißkörper 9
Eizelle 95, 134.
Elementarorgan 8.
Embryo 104.
Embryosack 94, 95, 105, 134.
Emergenzen 20, 81.
Energide 10 ff., 80, 121.
Endosperm 104.
Entwicklungsgeschichte 37 ff. 85, 106.
Enzyme 116.
Epheu 43, 72.
Epidermis 19, 45.
epigyn 87.
Erbse 59, 60, 73, 86, 94, 98, 108.
Erdbeere 64, 73, 100.
Ernährung 7, 106 ff.
Ernährungsgewebe 111.
Ernährungsorgane 109.
Esche 87.
Etiolement 124.
Eucalyptus 61.
Exine 92.

Fahne 133.
Fallschirm 102.
Fangapparat 73.
Fanghaare 81.
Farbstoff 15.
Färberginster 137.
Farne 80, 133.
Farnsproß 80.
Faserwurzel 41.
Faserzellen 22.
Fäulnisbewohner 117.
Fetthenne 69.
Fettpflanzen 112.
Fichtenspargel 78.
Fieberbaum 61.
Filament 92.
Flachs 77.
Flachsproß 80.
Flachsseide 77.
Flechten 44, 126.
Flockenblume 102.
Florideen 133.
Flügel 137.
Flügelfrucht 98.
Flugorgane 88, 102, 104, 140.
Fortpflanzung 7, 81, 106, 131 ff.
freiblättrig 89.
Fremdbestäubung 135.
Frucht 96 ff.
Fruchtblätter 83, 87, 93.
Fruchtboden 86.
Fruchtkörbchen 102.
Frühjahrsholz 26.
Fuchswein 54.
Funikulus 94.

Gabelung 43.
Gameten 133.
Gänsefingerkraut 48.
Gasaustausch 19, 117 ff.
Gefäß 16, 22.
Gefäßbündel 21, 30, 45, 80. 119.
Gefäßteil 21, 31.
Geisblatt 137.
Geleitzellen 22.
genagelt 89.
generative Zelle 139.
Genista tinctoria 137.
geotropisch 123
Geotropismus 42, 62, 127.
Gerbstoff 15.
Gewebearten 17.
Ginster 112.
Glaskraut 72, 129.
Glechoma hederacea 64.
Gliederschote 99.
Glockenblume 89.
Glukoside 116.
Goldrute 90, 91.
Gras 23, 123.
Grasfrucht 93.
Gräser 52, 57, 60, 65, 102.
Griffel 95 ff.
Grundgewebe 19 ff., 29, 45.
Gummi 28.
Gundelrebe 54, 64.
Gurtungen 45.
Gymnospermen 96.
Gynaeceum 93.

Haarbildungen 80.
Haarkrone 89, 90, 102.
Habichtskraut 64.
Hahnenfuß 21.
Hahnenfußgewächse 94.
Hahnenkamm 77.
Hainbuche 103.
Hanf 77.
Harz 28.
Hasel 97, 98, 128, 136.
Hauslauch 69.
Haustorien 44.
Hautgewebe 19.
Hederich 99.
Heidelbeere 99.
Heliotropismus 124, 127, 128.
Heracleum sphondylium 99.
Herbstholz 26.
Herbstzeitlose 129.
Heterophyllie 61.
Hirtentäschel 98.
Hochblätter 59, 62, 82, 91, 102.
Holz 24, 125.
Holzfaserzellen 22.
Holzpflanzen 47.
Holzprosenchym 21.
Holzteil 21.
Honig u. Honiggefäß 90 ff.
Hopfen 71.
Hüllkelchblätter 102.
Hülse 93.
Hülsenfrüchtler 113.
hypogyn 87. [50.
hypokotyles Stengelglied

Jahresringe 26.
Imbibition 125.
Impatiens 101.
Insektenfressende Pflanzen 73ff., 81, 117.
Insertionsverhältnisse 87.
Integumente 94.
Intercellularräume 11, 20, 29, 31.
Internodien 47.
Intine 92.
Johannisbeere 99, 140.
Johanniskraut 49.
Jussieua 43.

Kakteen 68.
Kältestarre 131.
Kambium 21 ff., 126.
Kamille 49.
kamphylotrop 95.
Kannenpflanze 75.
Kapsel 98.

Digitized by Google

Kapuzinerkresse 72.
Kartoffelkrankheit 133.
Karyopse 93.
Keimblätter 50, 59.
Keimling 60, 101, 105.
Keimpflänzchen 60.
Keimung 40.
Kelch 88.
Kelchblätter 83.
Kernfäden 11.
Kernkörperchen 9.
Kernplatte 11.
Kiefer 104.
Kieferzapfen 96.
Kirsche 34, 57, 101, 140.
Kladodien 69, 80.
klappig 85.
Klee 49, 77, 131.
Kleewürger 77.
Klebstoff 29.
Kletterſproß 70.
Knabenkraut 78, 91.
Knolle 65, 66, 132.
Knöſpchen 104.
Knospe 39, 50, 65, 118.
Knospenkern 94, 95, 105.
Knospenſtamm 50.
Knoten 47, 51.
Knöterich 94.
Kohl 32, 84.
Kohlehydrate 115.
Kollenchym 18. 44.
Kompoſiten 89, 93, 102.
Koniferen 84. [131.
Konnektiv 92.
Köpfchen 49.
Kopulieren 132.
Körbchen 49.
Kork 27, 112.
Korkkambium 26.
Kornblume 91, 131.
Kornrade 98.
Kotyledonen 59, 98, 104.
Kraut 47.
Krassulaceen 69.
Kreuzblüte 84.
Kreuzblütler 89. 98.
Kristall 15.
Krone 88.
Kryptogamen 79.
Kupula 102.
Kupuliferen 97.
Kürbis 72.
Kutin 13.

Labkraut 72. 102.
Lagerſproß 79.
Lamina 53.
Längsſpannung 125.
Laubblätter 59, 61.
Lebensdauer 46.
Lebenskraft 126.
Leguminoſen 107, 113, 131.
Leimzotten 81.
Leitbündel 45.
Leitung des Waſſers 109.
Leitungsſyſtem 21.
Leukoplaſten 14.
Lignin 13.
Lilien 57, 85, 94.
Lippenblütler 87, 89, 91.
Lobelia erinus 92, 97.
Lockapparat 91, 96.
Löwenmaul 136.
Löwenzahn 48, 54, 89, 125.
Luftwurzel 42, 71, 78.
Lupinus 92.

Maiblume 53, 56, 57, 65.
Mais 108.
Makroſporangien 92. 134.
Makroſporen 95, 134.
Malven 91, 99.
Mammillaria centricirrha 68.
männliche Blüte 83.
Mangrovebaum 43.
Mark 25, 123.
Markſtrahlen 25.
Mauer-Leinkraut 128.
Mauerpfeffer 69.
Mauerpflanzen 64, 128.
Maurandia 92.
Melde 57.
Mercurialis annua 54.
Meriſtem 39.
Metamorphoſe 42, 62, 83.
metamorphoſierte Formen 38.
Metamorphoſenſtufen 59.
Mikropyle 95.
Mikroſporangien 92. 134.
Mikroſporen 92, 134.
Milchſaft 29.
Milchſaftröhren 17.
Mimosa 130.
Mimulus 86, 89.
Mina lobata 55.
Miſtel 77.
Mohn 88, 94, 98.
Mohrrübe 31, 41.
Monokotyledonen 45, 57, 59.
Monopodium 48.
Moose 38, 44, 80, 122, 133.
Mooskapſel 134.
Mooſsproß 80.
Morphologie 7, 38.
Muskatnuß 104.

Nabel 91.
Nabelſtrang 94.
Nachtſchatten 84, 100
nackte Blüte 87.
Nadelhölzer 24, 58.
Nahrungsmittel 106.
Narbe 88, 93, 96, 138.
Narziſſe 91.
Nebenblatt 51 ff., 58, 60.
Nebenblattbildungen der Blüte 91.
Nebenkrone 91.
Nektarium 91.
Nelken 50, 89, 96.
Nelkenwurz 97.
Nepenthes 76.
Nereum 53.
Nerven 30.
Nervatur 55.
Niederblätter 59 ff., 66.
Nießwurz 91.
Nucleïn 139.
Nuß 98, 140.
Nutationsbewegung 129.

Oberblatt 61.
Oberhaut 19, 26, 31, 46, 112.
Oberſtändig 87.
Obermennig 102, 103
Okulieren 132.
Oleander 53.
Ooſpore 134.
opponiert 84.
Orchideen 93.
Organ 8, 34 ff.
Organismen 8.
Orobanche 78.

Palliſadenſchicht 31, 111.
Pandane 43.
Päonie 93.
Pappel 136.
Pappus, 89, 102.
Paraſiten 77, 117.
paraſitäre Lebensweiſe 77.
Parenchym 18, 20, 22, 31, 116, 131.
Parietaria diffusa 72.
pentamer 84.

Digitized by Google

Perigon 83, 87.
perigyn 87.
Perikambium 32.
Perikinen 121.
Persica vulgaris 100.
Petunia hybrida 92.
Pfahlwurzel 41.
Pfirsich 100.
Propfen 132. [51.
Phaseolus multiflorus
Phosphorescenz 119.
Physiologie 7.
Pilze 79, 113, 121, 127, [133.
Pilzgewebe 119.
Pistill 93.
Palmen 60.
Placenta 94.
Plasma 9.
Plumula 50, 98.
Pollen und Pollenkorn 92, 94, 96, 134 ff.
Pollensäcke 92.
Pollenschlauch 96.
Primel 94.
Primordialblatt 60.
Primordialschlauch 13.
Prosenchym 18.
Proteïnkörper 16.
Protoplasma 9, 127.
Pulicaria dysenterica 90.

Querspannung 125.
Quercus 98.

racemös 48.
Rafflesia Arnoldi 78.
Rampe 98.
Ranken 72, 74, 121.
Rankenpflanzen 72, 129.
Ranunculus repens 21
reduzierte Formen 37 77.
regelmäßige Blüte 86.
Reizbewegung 126.
reparative Wurzelsprosse 47
Reseda 48.
Reservestoffe 15, 65, 105.
Reservestoffbehälter 116.
Rhizom 65.
Rinde 20, 125.
Ringelborke 28.
Ripe 40.
Röhrenblüten 90.
Rose 54, 56, 87.
Rosengewächse 87, 89, 91.
Rose von Jericho 126.
Rosa canina 56.
Roßkastanie 81.
Rotalgen 133.
Rübenwurzel 40.
Rubus fruticosus 101.
rudimentäre Formen 37, 79.
Ruhrkraut 89, 90, 91.
Rühr mich nicht an 101.
Runkelrübe 32.
Ruta 135.
Rutengewächse 112.

Samen 97, 103, 119, 134.
Sameneiweiß 60, 105.
Samenknospen 94, 97, 103.
Samenlappen 7, 104.
Samenpflanzen 79, 134.
Samenschale 104.
Saftfrucht 99, 104.
salpiglossis 92, 97.
Salvinia 73.
Sammelfrüchte 100.
Sammelzellen 31.
Saprophyten 117.
Sarothamnus scoparius 97.
Sarracenia 75.
Saudistel 102.
Saughaare 41.
Saugorgane 78.
Saugwarzen 72.
Säulenfestigkeit 44.
Schachtelhalm 64.
Scheide 52.
Scheinachse 49.
Scheinfrucht 97 ff.
Schiefblätter 132.
Schiffchen 137.
Schimmelpilze 44, 79.
Schirling 49.
Schlafbewegung 131.
schlafende Knospen 51.
Schläuche : 9.
Schlehe 70.
Schließfrucht 98 ff.
Schließzellen 19.
Schlingpflanzen 71.
Schleude werke 101.
Schmarotzer 37, 77 ff, 117, 118.
Schmetterlingsblüte 137 ff.
Schmetterlingsblütler 98.
Schneeball 52, 57.
Schneebeere 52, 56
Schote 98.
Schraubel 49.
Schuppenborke 28.
Schutzscheide 22.
Schwammgewebe 11, 31, 111.
Schwärmsporen 127.
Schwarzwurz 29.
Schwellpolster 131.
Schwimmblätter 73.
Schwimmorgane 73.
Scirpus 97.
Selbstbetäubung 135.
Siebröhren 11, 16, 21.
Siebröhrenteil 21 ff, 31, 116.
Sinnpflanze 130.
Sklerenchym 18.
Solanum 84, 100.
Soldanellen 1, 8.
solidago virgaurea 90.
Sonchus oleraceus 102.
Sonnentau 73.
Spaltfrucht 99.
Spaltöffnungen 19, 111.
Spargel 67.
Spermakern 139.
Spermatozoiden 133.
Spindelfasern 11.
spiralig 58.
Spirre 50.
Sporenpflanzen 79.
Sporenträger 82.
Sporogonium 134.
Sporophylle 82.
Spreite 37, 51, 53.
Spreuschuppen 81.
Springfrucht 98, 101, 104.
Sproß 36.
Sproßachse 44.
Sproßformen 62 ff.
Stacheln 70, 81.
Staminodien 93.
Stamm 44.
Stärkebildner 14.
Stärkekörner 14
Stärkemehl 60
Starre 111.
Staubblätter 83, 91 ff.
Staubbeutel 91 ff.
Staubgefäße und Staubfäden 83, 86, 88, 91 ff.
Staude 47.
Stechapfel 100.
Steinfrucht 99.
Steinzelle 12, 18.
Stempel 83, 87, 93 ff.
Stengel 44.
Stiefmütterchen 52, 95.
Stipulae 52.

Digitized by Google

Stoffwechsel 115 ff.
Storchschnabel 97, 103
Stranggewebe 19 ff.
Strangscheide 32.
Suberin 13.
Sukkulenten 112.
Sukkulenz 66.
symmetrisch 86.
Symphoricarpus racemosus 52

Tannenzapfen 96.
Taublatt 74.
Teichlinse 43.
Teilfrucht 99.
tetramer 84.
Teufelszwirn 77.
Thränen 110.
Thunbergia alata 88, 91, 92, 97.
Tierblütler 136.
Tracheiden 12, 24.
Traganth-Pflanze 70.
Transpiration 19, 110.
Transpirationsgewebe 111.
Träger 45.
Traube 49.
trimer 84.
Trockenfrucht 98.
Trockenstarre 131.
Tulpe 130.
Tulipa 85.
Tüpfel 12.
Turgor 125.
typische Form 36.

Ueberwinterungsorgane 65.
umständig 87.
unterständig 87.
Utricularia 75.

Vakuolen 9, 13.
Valeriana officinalis 97.
Variationsbewegung 130.
Vegetationskegel 39, 86.
vegetative Vermehrung 132.
Veilchen 91, 137.
Venusfliegenfalle 74.
Verbreitung der Samen 28, 101.
Vergißmeinnicht 49, 86.
Vermehrungssprosse 64.
verwachsen 88.
Viburnum 52.
Viola tricolor 92, 95.
Vitis vulpina 54.
Vorblatt 89.
Vorkeim 134.

Wachstum 7, 106, 119.
Wachstumsenergie 124.
Wachsüberzug 112.
Walnuß 101.
Wärmeentwicklung 118.
Wärmestarre 131.
Wasserfarn 73.
Wassergewebe 67.
Wasserhahnenfuß 61.
Wasserkultur 108.
Wassernuß 103.
Wasserpflanzen 20.
Wasserschlauch 75.
Wasserspeicher 67.
Wasserspalten 20.
Wasserverdunstung 110.
Wegerich 49, 57, 135.
weibliche Blüte 84.
Weide 87.
Wein 57, 72, 104, 124.
Weißdorn 70.
Wicke 131.
Wickel 49.
Windblütler 136.
windende Stengel 128.
Windeknöterich 130.
Weidenröschen 104.
Wollfilz 81.
Wolfsmilch 17, 29, 50.
Wucherblume 91.
Wurzel 30, 36, 39, 109.
Würzelchen 40, 50, 98, 104.
Wurzeldruck 110.
Wurzelfüchtler 73.
Wurzelhaare 42, 80, 109.
Wurzelhaube 39.
Wurzelstock 65.

Zaunrübe 72, 74.
Zelle 8 ff.
Zellformen 11.
Zellkern 9.
Zellmembran 11.
Zellsaft 13.
Zellwand 9.
Zugfestigkeit 33.
Zungenblüten 90.
zweigeschlechtige Blüte 83.
Zwiebel 65, 66, 132.
Zwitterblüten 135.
Zygospore 133.

Digitized by Google

Ueber 40000 Leitz-Mikroskope im Gebrauch.

Illustrierte Preislisten kostenfrei.

E. LEITZ, WETZLAR

Mikroskope

Mikrotome, Lupen-Mikroskope.

Kleinere Mikroskope von 45 Mark an.

— Mikroskope —

mit stärkerer Vergrösserung für feinere Pflanzen- und Bakterien-Untersuchungen von 70—400 Mark.

Filiale: **BERLIN N.W., Luisenstrasse 29.**

Digitized by Google

Digitized by Google

Sammlung Göschen.

Je in elegantem Leinwandband **80 Pf.**

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

103 **Wechselkunde** von Dr. Georg Funk.
Mit vielen Formularen.

104 **Oesterreich. Geschichte I.**
Von der Urzeit bis 1526 von Prof. Dr. Franz v. Krones.

105 **Oesterr. Geschichte II.**
Von 1526 bis zur Gegenwart von Prof. Dr. Franz v. Krones.

106 **Forstwissenschaft** von Prof. Dr. Ad. Schwappach.

107 **Geschichte d. Malerei I.**
von Prof. Dr. Rich. Muther.

108 **Geschichte d. Malerei II.**
von Prof. Dr. Rich. Muther.

109 **Geschichte d. Malerei III.**
von Prof. Dr. Rich. Muther.

110 **Geschichte d. Malerei IV.**
von Prof. Dr. Rich. Muther.

111 **Geschichte d. Malerei V.**
von Prof. Dr. Rich. Muther.

114 **Klimalehre** von Prof. Dr. W. Köppen.

115 **Buchführung** von Oberlehrer Rob. Stern.

116 **Plastik** von Dr. Hans Stegmann.

117 **Griechische Grammatik**
Formenlehre von Prof. Dr. Hans Meltzer.

119 **Burgenkunde** von Hofrat Dr. O. Piper.

120 **Harmonielehre** von Musikdirektor A. Halm. Mit vielen Notenbeispielen.

121 **Geschichte der alten u.** mittelalterlichen Musik von Dr. A. Möhler. Mit zahlr. Abbildungen und Musikbeilagen.

Urteile der Presse über „Sammlung Göschen".

Deutsche Lehrerzeitg., Berlin: ..... Nach den vorliegenden Bändchen stehen wir nicht an, die ganze Sammlung aufs angelegentlichste nicht allein zum Gebrauch in höheren Schulen, sondern auch zur Selbstbelehrung zu empfehlen.

Natur: Es ist geradezu erstaunlich, wie es der rühmlichst bekannte Verlag ermöglicht, für **so enorm billige Preise so vorzüglich ausgestattete Werkchen** zu liefern. Das vorliegende Bändchen bringt in knapper und verständlicher Form das Wissenswerteste der Mineralogie zum Ausdruck. Saubere Abbildungen erleichtern das Verständnis.

Nationalzeitg.: Es ist **bis jetzt in der deutschen Litteratur wohl noch nicht dagewesen**, daß ein Leinwandband von fast 300 Seiten in vorzüglicher Druck- und Papierausstattung zu einem Preis zu haben war, wie ihn die „Sammlung Göschen" in ihrem neuesten Bande, Max

Digitized by Google

Koch's Geschichte der deutschen Litteratur für den Betrag [illegible] achtzig Pfennige der deutschen Leserwelt bietet.

Prakt. Schulmann: Ein Meisterstück kurzen und bündi[illegible] und doch klaren und vielsagenden Ausdrucks wie die „Deu[illegible] Litteraturgeschichte" von Prof. M. Koch ist auch die vorliegende „Deutsc[illegible] Geschichte im Mittelalter".

Natur: In der Chemie von Dr. Klein empfängt der Schüler fas[illegible] mehr, wie er als Anfänger bedarf, mindestens aber so viel, daß er da[illegible] Wissenswürdigste als unentbehrliche Grundlage zum Verständnisse de[illegible] Chemie empfängt. . .

Kunst f. Alle (München): K. Kimmich behandelt in seinem Bändchen, „Zeichenschule" benannt, in knapper, kerniger, sachlich-zielbewußter Form das weite Gebiet des bildmäßigen Zeichnens und Malens. . . . Gleich nutzbringend und in reichstem Maße bildend für Lehrer, Schüler und Liebhaberkünstler, möchte ich das wirklich vorzügliche Werk mit warmen anerkennenden Worten der Einführung in Schule, Haus und Werkstatt zugänglich machen. Die Ausstattung ist dabei eine so vornehme, daß mir der Preis von 80 Pfennigen für das gebundene Werk von 138 Seiten kl. 8° wirklich lächerlich billig erscheint. Nicht weniger als 17 Tafeln in Ton-, Farben- und Golddruck, sowie 135 Voll- und Textbilder illustrieren den äußerst gesunden Lehrgang dieser Zeichenschule in feinfühlender Weise.

Schwäb. Merkur: Prof. G. Mahler in Ulm legt uns eine Darstellung der ebenen Geometrie vor, die bis zur Ausmessung des Kreises einschließlich geht. Besondere Sorgfalt ist der Auswahl und Anordnung der Figuren zu teil geworden, deren saubere Ausführung in 2 Farben angenehm berührt.

Globus: Hoernes, Urgeschichte. Der bewährte Forscher auf vorgeschichtlichem Gebiete giebt hier in knappster Form die lehrreiche Zusammenstellung des Wissenswertesten der Urgeschichte. Vortrefflich geeignet zur Einführung und zum Ueberblick.

Jahresberichte der Geschichtswissenschaft: Hommel auf dem Gebiet der altorientalischen Geschichte eine anerkannte Autorität, behandelt in diesem Bändchen die morgenländische Geschichte mit großer Genauigkeit und wissenschaftlicher Gründlichkeit in knappster Form. Das kleine Büchlein muß warm empfohlen werden.

Lpzgr. Ztg. (Wissensch. Beil.): „Die Pflanze" von Dr. E. Dennert können wir bestens empfehlen. In kürzester, knappester, sehr klarer und verständlicher Form weiß sein Verfasser alles Wissenswerteste über den inneren und äußeren Bau und über die Lebensverrichtungen der Pflanze zur Anschauung zu bringen, wozu seine ganz vortrefflichen, selbstgezeichneten Textabbildungen außerordentlich viel beitragen helfen.

Weimarsche Zeitg.: Waltharilied. Mit dieser Uebersetzung wird uns eine hochwillkommene und von Litteraturfreunden längst ersehnte Gabe geboten. . . . Von einer guten Uebersetzung ist zu verlangen, daß sie, sinn- und zugleich möglichst wortgetreu, ohne dem Text, wie der deutschen Sprache Gewalt anzuthun, den Geist des Origi[illegible]

klar und ungetrübt wiederspiegele. Dieser Forderung gerecht zu werd
hat Althof in meisterhafter Weise verstanden.

Blätter f. d. bayr. Gymn.-Schulw.: Swoboda, Griech. G
schichte. Schon der Name und der Ruf des Verfassers bürgt dafür, daß
nicht etwa bloß eine trockene Kompilation vor uns haben, überall zeigen
die Spuren selbständiger Arbeit.

Prakt. Schulmann: Seyfert, Schulpraxis. Es wird in
drängter Darstellung ein reicher, wohldurchdachter, den neue
pädagogischen Bestrebungen gerecht werdender Inhalt geboten
für den, der tiefer eindringen will, ist gesorgt durch reichhaltige Litterat
nachweise.

Zeitschr. f. d. Realschulw.: Es war ein glücklicher Geda
der rührigen Verlagshandlung, die Abfassung des der Einführung in
Arithmetik und Algebra dienenden Bändchens ihrer „Sammlung" d
hochgeachteten Fach- und Schulmanne Prof. Dr. Schubert zu üb
tragen .... Der Verfasser wußte die Schwierigkeiten mit groß
Geschick zu bewältigen, indem er durch einen streng systematischen A
bau des arithmetischen Lehrgebäudes der Fassungskraft des Anfäng
möglichst Rechnung trug und dabei nur das Hauptsächliche ins A
faßte. — Formelsammlung und Repetitorium der Mathematik v
Prof. Th. Bürklen .... Die durch reinen Druck und geschmackvo
Ausstattung sich auszeichnende „Formelsammlung" wird infolge ih
reichen vielseitigen Inhaltes, ihrer zweckentsprechenden Anordnung u
orientierenden Gliederung als Nachschlagebuch vorzügliche Dienste leist

Grenzboten: Das Fremdwort im Deutschen von Dr. R
Kleinpaul. Ein lehrreiches Büchlein, das in seinen engen Wänden ..
eine Fülle von Sprachbelehrung bietet, die jeden fesseln muß, der
einigermaßen das Bedürfnis fühlt, sich über Sprachdinge Aufklärung
verschaffen. Der Verfasser hat sich schon durch zahlreiche volkstümli
Bücher über die Sprache und ihr Leben bekannt gemacht, er hat e
ausgebreitete, sichere Kenntnis der Sprach- und Wortgeschichte, hat
Ausdauer auf diesem Gebiete gesammelt und weiß seinen Stoff imn
geschickt zu gruppieren und vorzutragen. ...

Staatsanzeiger: Die Römische Litteraturgeschichte ist e
geistvolle glänzende Arbeit. Einsender hat dieselbe von Anfang
Ende mit größtem Genuß durchgelesen und dabei Art und Entwicklu
des römischen Schrifttums und damit des römischen Geisteslebens üb
haupt besser und gründlicher verstehen gelernt, als durch manches vi
stündige Universitätskolleg oder dickleibige Handbücher.

Meteorologische Zeitschrift: Trabert hat in der Mete
rologie seine schwierige Aufgabe vortrefflich gelöst. In allen Frag
vertritt er den neuesten und letzten Standpunkt.

Schweizerische Lehrerzeitung: Wer die Perspekti
von Freyberger und das Geometrische Zeichnen von Beck
durchgeht, wird seine Freude daran haben. So viel für so wenig G
wird wohl kaum anderswo geboten. Die Illustrationen sind saub
und exakt. Der Text ist knapp und klar und auch da, wo er mehr a
deutet als ausführt, anregend.